COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C^{ie}, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-DIX-NEUVIEME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1924.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1924

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la Fête nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 juillet au lieu du lundi 14.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Katara Honda**, directeur de l'Institut de recherches expérimentales du fer et de l'acier et professeur de métallurgie, à Sendaï, Japon, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie l'un des 105 exemplaires polycopiés, en 230 pages, d'un ouvrage intitulé : *La vie de J.-B. Dumas* (1800-1884), par le général J.-B. Dumas, son petit-fils.

SPECTROSCOPIE. — *Extension à plusieurs spectres de lignes d'une propriété déjà reconnue sur plusieurs spectres de bandes*. Note de M. **Deslandres**.

I. Dans deux Notes successives [1], présentées en 1919 sous le titre : *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de*

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 745 et 1365.

bandes, j'ai annoncé le fait suivant, reconnu sur 34 spectres de bandes, dues au carbone, à l'azote, à l'oxygène, et à leurs composés les plus simples :

Dans chaque spectre, les têtes des bandes les plus intenses, exprimées en nombres de vibrations, sont, à de faibles différences près, les multiples entiers d'une même fréquence élémentaire, égale à 1062,5.

Les vibrations ou raies, très nombreuses, d'un même spectre de bandes, ont été rattachées à trois progressions arithmétiques distinctes, et donc à trois séries ou suites indépendantes de nombres entiers successifs m, n et p. Le spectre entier a pu être ainsi représenté en fréquences ν par la formule générale suivante :

$$\nu = \left[F(np) \times m^2 + f.(np) \times m \right] + \left[\frac{B}{2} \times n^2 + b_1 n \right] - \left[\frac{C}{2} \times p^2 + c_1 p \right] + K,$$

m, n, p étant les nombres entiers successifs, positifs et négatifs; F et f étant des fonctions simples; B, C, b_1, c_1, K étant des constantes qui, pour B et C, sont toujours positives.

La constante K est la fréquence de la raie, dite raie origine, qui a le numéro d'ordre o dans les trois progressions avec m, n et p. Or, en principe, je prends pour raie origine l'arête de la bande la plus intense; et, d'après la loi précédente, la fréquence $K = d_1 q$, q étant un nombre entier spécial à chaque spectre, et d_1 la constante égale à 1062,5.

Dans les 34 spectres de bandes présentés en 1919, le nombre entier q a les valeurs suivantes : 1, 2 (répété deux fois), 3 (répété trois fois), 4, 5, 8, 9, 10, 14, 15, 16 (répété quatre fois), 18 (répété trois fois), 24 (répété deux fois), 28 (répété deux fois), 29, 30 (répété deux fois), 31, 37, 39, 40, 50 et 52.

La loi est seulement approchée; le plus souvent, il y a un petit écart, positif ou négatif, entre la fréquence de la bande maxima et le multiple exact de la fréquence d_1. Ces petits écarts ne doivent pas étonner, car les bandes, surtout lorsqu'elles sont d'absorption, subissent, comme on sait, de petits déplacements, lorsque varie l'état physique du corps qui les produit, lorsque le corps, d'abord gazeux, devient liquide, solide ou est dissous ou engagé dans des combinaisons chimiques différentes. Avec les 34 spectres étudiés en 1919, l'écart moyen, pris en valeur absolue, est égal à 79.

II. Récemment, j'ai reconnu la même propriété sur plusieurs spectres de lignes, ou, pour préciser, sur les raies les plus brillantes de spectres de lignes. J'ai été engagé dans cette voie par la remarque suivante : tous ceux qui ont fait des recherches spectrales dans le laboratoire ont été frappés par la grande intensité, la grande aptitude à vibrer des raies jaunes D_1 et

D_2 du sodium, de la raie jaune D_3 de l'hélium, et aussi de la violette K du calcium, et de la raie ultraviolette λ 2536 du mercure. Or, les fréquences de ces raies sont, à de faibles différences près, des multiples de la fréquence d_1 (1062,5). Le nombre entier q est 16 pour les trois raies jaunes, 24 avec la raie du calcium et 33 avec le mercure.

Ces raies décèlent dans un mélange de très petites quantités du corps d'origine ; elles appartiennent au groupe des raies appelées si justement *raies ultimes* par de Gramont, qui en a dressé la liste provisoire dans une Note de 1920. J'ai examiné alors à ce point de vue les raies ultimes des autres corps simples. Or, les trois raies ultimes du carbone sont des multiples de d_1 et aussi les principales du magnésium et la raie rouge du lithium.

L'hydrogène, d'autre part, a donné un résultat important. La raie rouge bien connue $H\alpha$, qui est ultime et la première d'une importante série, n'est pas un multiple de d_1 ; mais l'hydrogène a deux ou même trois autres séries. L'une d'elles, appelée série Paschen, a comme raie principale la raie infrarouge λ 18756,17, dont la fréquence est égale à $5 \times 1062,5 + 19$; et récemment Brackett a reconnu avec la pile thermo-électrique que cette raie infrarouge, au moins avec un courant un peu intense, est plus brillante que la raie rouge $H\alpha$, et donc est la plus intense du spectre connu de l'hydrogène.

La fréquence de cette raie infrarouge est d'ailleurs donnée par la formule simple $\nu = N \times \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right)$; et, d'après la théorie de Bohr, $N = \frac{2\pi^2 m e^4}{ch^3}$, N étant la constante universelle de Rydberg, c la vitesse de la lumière, h le quantum d'action de Planck, m et e la masse et la charge de l'électron. La fréquence élémentaire d_1 est ainsi rattachée, au moins approximativement, aux constantes fondamentales, N, h, m et e.

La recherche devenait intéressante, et je l'ai étendue à tous les corps simples, autant que le permettent les données spectrales actuellement recueillies. Malgré de multiples travaux, notre connaissance des spectres est encore incomplète, surtout pour les corps des colonnes numérotées V, VI et VII dans le tableau de Mendeleef; et d'une manière générale, elle offre des lacunes dans la région infrarouge et dans la région ultraviolette de Schumann, particulièrement difficiles à observer.

Le plus souvent, comme on sait, le spectre d'un corps présente des séries de raies simples, ou doubles ou triples, caractérisées par ce fait que les intensités et les intervalles diminuent régulièrement du rouge au violet. Dans la Note actuelle, je considère seulement la première raie de chaque

série du côté rouge, et le tableau ci-dessous énumère celles de ces raies qui ont montré un accord suffisant avec la fréquence élémentaire d_1. La raie du côté rouge est désignée par la lettre P ou D ou S ou F ou C, avec l'addition de la petite lettre *d* ou *t*, selon que la raie fait partie d'un doublet ou d'un triplet. Les séries d'un même corps sont en effet groupées en systèmes, et chaque système comprend en général quatre séries notables, unies par des relations simples, une série principale P, une série diffuse D, une série fine S, une série fondamentale F et, en plus, des séries de combinaison C.

Les fréquences adoptées pour les raies sont tirées du Mémoire important de Fowler : *Report on series in line spectra* (1922), et de beaux Mémoires plus récents du même auteur sur le silicium et le carbone ionisés; j'ai utilisé aussi l'ouvrage plus ancien de Kayser. Le tableau donne le résultat de la comparaison pour les corps simples de nombre atomique A égal ou supérieur à 20, et en plus pour le mercure. Cependant le bore, le fluor, le phosphore, le soufre et le chlore, dont le spectre est insuffisamment connu, ont été écartés. Par contre, l'hélium, le carbone, le magnésium et l'argon donnent lieu à des rapprochements intéressants.

TABLEAU DES RAIES PREMIÈRES DE SÉRIES ET DES RAIES ULTIMES OU TRÈS BRILLANTES, QUI ONT MONTRÉ UN ACCORD AVEC UN MULTIPLE DE d_1 (1062,5) :

Hydrogène (A = 1). — 4 séries, dont une seule, celle de Paschen, a montré un accord :

$\lambda = 18756,19 \qquad \nu = 5331,6 = 5d_1 + 19$

Hélium (A = 2). — Système de doublets et système de simplets :

D_d	$\lambda = 5875,6$	$\nu = 17014,8 =$	$16d_1 + 15$
F_d	$\lambda = 18684,0$	$\nu = 5350,7 =$	$5d_1 + 38$
D	$\lambda = 6678,1$	$\nu = 14970,0 =$	$14d_1 - 95$
S	$\lambda = 7281,3$	$\nu = 13730,0 =$	$13d_1 - 82$
F	$\lambda = 18693,4$	$\nu = 5348,0 =$	$5d_1 + 36$

Hélium ionisé (He^+). — Trois séries, dont une seule, celle de Paschen :

$\lambda = 4685,8 \qquad \nu = 21335,0 = 20d_1 + 85$

Lithium (A = 3). — Un système de doublets :

P_d	$\lambda = 6707,9$	$\nu = 14903,8 =$	$14d_1 - 29$
F_d	$\lambda = 18697,0$	$\nu = 5347,0 =$	$5d_1 + 35$
C_d	$\lambda = 6240,1$	$\nu = 16021,0 =$	$15d_1 + 84$

Glucinium (A = 4). — Spectre mal connu. Ici raie ultime :

$\lambda = 3131,1 \qquad \nu = 31937,0 = 30d_1 + 62$

Carbone (A = 6). — Pas de séries. Ici raies ultimes :

$\lambda = 2478,6$	$\nu = 40343,7 =$	$38 d_1 - 32$
$\lambda = 2296,9$	$\nu = 43537,0 =$	$41 d_1 - 25$

Carbone ionisé C^+. — Système de doublets :

D_d	$\lambda = 687,0$	$\nu = 145539,0 =$	$137 d_1 - 23$
F_d	$\lambda = 4267,3$	$\nu = 23427,0 =$	$22 d_1 + 52$
C_d	$\lambda = 7236,2$	$\nu = 13815,6 =$	$13 d_1 + 3$
C_d	$\lambda = 5889,9$	$\nu = 16973 =$	$16 d_1 - 27$
C_d	$\lambda = 3920,7$	$\nu = 25497 =$	$24 d_1 + 2$

Azote (A = 7). — Encore aucune série.

Azote ionisé Az^{++}. — Série principale peut-être :

P_t	$\lambda = 4097,3$	$\nu = 24399 =$	$23 d_1 + 24$

Azote solide ionisé Az^{+++}. — Raies de l'aurore boréale :

$\lambda = 5229,4$	$\nu = 19122,6 =$	$18 d_1 - 2$
$\lambda = \{ 5577$	$\nu = 17930,9 =$	$17 d_1 + 131$
ou $\lambda = \{ 5555$	$\nu = 18018,0 =$	$17 d_1 + 44$

Nébuleuses. — Deuxième raie forte des nébuleuses [1] :

$\lambda = 4958,9$	$\nu = 20165,7 =$	$19 d_1 - 22$

Oxygène (A = 8). — Système de triplets :

P_t	$\lambda = 7771,9$	$\nu = 12863,0 =$	$12 d_1 + 103$

Néon (A = 10). — Séries très nombreuses, difficiles à démêler; on a noté seulement la raie signalée comme la plus forte :

$\lambda = 5852,5$	$\nu = 17086,8 =$	$16 d_1 + 87$

Sodium (A = 11). — Système de doublets :

P_d	$\lambda = 5889,9$	$\nu = 16973,3 =$	$16 d_1 - 27$
F_d	$\lambda = 18459$	$\nu = 5415,8 =$	$5 d_1 + 103$
C_d	$\lambda = 5532$	$\nu = 18071,6 =$	$17 d_1 + 9$
C_d	$\lambda = 90486$	$\nu = 1100,5 =$	$1 d_1 + 37$
C_d	$\lambda = 23391$	$\nu = 4273,9 =$	$4 d_1 + 24$

Magnésium (A = 12). — Système de triplets et système de simplets :

S_t	$\lambda = 5183,6$	$\nu = 19286 =$	$18 d_1 + 161$
C_t	$\lambda = 15768$	$\nu = 6340 =$	$6 d_1 - 35$
P	$\lambda = 2852,1$	$\nu = 35051,4 =$	$33 d_1 - 11$
S	$\lambda = 11828$	$\nu = 8451,7 =$	$8 d_1 - 49$

[1] Les deux raies fortes des nébuleuses, λ 5007 et 4958,9, sont à rapprocher des deux raies fortes de l'aurore, λ 5577 et 5229. Dans les deux cas la raie la plus forte est un peu éloignée du multiple de d_1, alors que la moins forte est en bon accord. Il faudrait connaître le spectre infrarouge de ces deux lumières.

Magnésium ionisé Mg^+. — Système de doublets :

S_d	$\lambda = 2936,5$	$\nu = 34044$	$= 32d_1 + 44$
C_d	$\lambda = 7877,1$	$\nu = 12691,5$	$= 12d_1 - 58$
C_d	$\lambda = 4481,3$	$\nu = 22308,6$	$= 21d_1 - 3$

Aluminium (A = 13). — Système de doublets :

S_d	$\lambda = 3944,0$	$\nu = 25347,6$	$= 24d_1 - 152$

Silicium (A = 14). — Pas encore de série.

Silicium ionisé Si^{+++}. — Système de doublets :

P_d	$\lambda = 4088,8$	$\nu = 24450$	$= 23d_1 + 13$

Argon (A = 18). — Pas de séries encore; on a relevé les raies suivantes parmi les plus brillantes de l'argon rouge et de l'argon bleu :

$\lambda = 4272,3$	$\nu = 23407$	$= 22d_1 + 32$
$\lambda = 4482,0$	$\nu = 22311$	$= 21d_1 - 1$
$\lambda = 4277,6$	$\nu = 23378$	$= 22d_1 + 3$
$\lambda = 4104,1$	$\nu = 24360$	$= 23d_1 + 70$
$\lambda = 3928,8$	$\nu = 25453$	$= 24d_1 - 47$
$\lambda = 3765,5$	$\nu = 26557$	$= 25d_1 - 5$
$\lambda = 3491,7$	$\nu = 28639$	$= 27d_1 - 48$

Potassium (A = 19). — Système de doublets :

D_d	$\lambda = 11771,7$	$\nu = 8492,6$	$= 8d_1 - 7$
C_d	$\lambda = 31935$	$\nu = 3184,5$	$= 3d_1 - 3$

Calcium (A = 20). — Système de triplets et système de simplets :

S	$\lambda = 10345$	$\nu = 9664,2$	$= 9d_1 - 102$
C	$\lambda = 6717,7$	$\nu = 14882,0$	$= 14d_1 - 7$
	$\lambda = 8542,6$	$\nu = 11706,0$	$= 11d_1 + 18$

Calcium ionisé Ca^+. — Système de doublets :

P_d	$\lambda = 3933,7$	$\nu = 25414,0$	$= 24d_1 - 86$

Mercure (A = 80). — Système de triplets et système de simplets :

C_t	$\lambda = 13570,7$	$\nu = 7366,9$	$= 7d_1 - 70$
C	$\lambda = 2356,5$	$\nu = 39412,6$	$= 37d_1 + 100$

Mercure ionisé Hg^+. — Pas de série, mais raie forte :

$\lambda = 2847,8$	$\nu = 35104,1$	$= 33d_1 + 42$

Les raies du tableau sont au nombre de 54, et leur écart moyen par rapport aux multiples de d_1 est, en valeur absolue, égal à 42; il est plus faible que l'écart correspondant trouvé pour les spectres de bandes. Mais

le tableau, évidemment encore incomplet, est provisoire; et je suis porté à croire que la fréquence dite élémentaire n'est pas absolument constante; elle varierait légèrement avec le nombre atomique, ou plutôt serait constante seulement pour les corps d'une même période de la série naturelle. La loi posée s'applique nettement tout au moins aux sept premiers corps du tableau, et sa portée exacte sera reconnue lorsque nous pourrons mieux étudier la région infrarouge.

Un point important est que les deux classes de spectres, jusqu'ici séparées, suivent la même loi. Le fait apparaît clairement dans le spectre de l'aurore boréale qui offre un mélange de lignes et de bandes (voir la photographie reproduite ici même par Vegard, le 31 mars 1924, dans ses belles recherches sur l'azote solide). On y trouve deux lignes de l'azote solide, insérées dans le tableau précédent, et trois bandes déjà reconnues dans l'azote gazeux (pôle négatif) λ 4708, λ 4278 et λ 3914; or les deux lignes correspondent aux nombres entiers 17 et 18, et les trois bandes (dont la bande maxima 3914) aux nombres entiers 20, 22 et 24.

Cette loi des spectres peut tenir à une propriété, déjà admise en 1919, qui serait commune aux noyaux de tous les atomes ou à un groupe d'atomes. Lorsqu'un électron périphérique brusquement déplacé émet une radiation, le noyau ou l'ensemble formé par le noyau et les anneaux intérieurs d'électrons est excité aussi, comme il est naturel, et tend à émettre ses fréquences propres qui seraient les multiples de 1062,5. Il y aurait alors une sorte de résonance; et, soit dans les idées anciennes, soit dans les idées nouvelles si fécondes de Bohr et Sommerfeld, on conçoit que le noyau puisse agir pour favoriser certaines radiations, qui deviennent ainsi les plus intenses du spectre.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches complémentaires sur l'effet Compton.* Note de MM. **Maurice de Broglie** et **A. Dauvillier.**

Au cours d'expériences précédentes, poursuivies avec les rayons K du tungstène et des radiateurs secondaires de carbone et d'aluminium, il a été obtenu des photographies spectrales [1] confirmant les résultats annoncés par A. H. Compton. Avec le carbone notamment, et pour des angles de

---

[1] M. de Broglie, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 908.

diffusion de 90° et de 135°, le déplacement en longueur d'onde des raies diffusées suivait bien la loi de Compton.

MM. Clark et Duane [1], qui n'observent pas l'effet Compton, interprètent de pareils déplacements comme le résultat de la filtration d'un fond continu dont le maximum apparaîtrait déplacé. Il paraît difficile d'invoquer cette interprétation dans le cas des rayons K du tungstène et avec un radiateur de nombre atomique aussi bas que celui du carbone, pour lequel l'absorption et la filtration sont insignifiantes. Nous ne pensons pas non plus que la présence d'un peu de tungstène dans le radiateur secondaire puisse influer sur le résultat, la dispersion étant négligeable devant la fluorescence. Ce tungstène servait à étalonner le spectre et des expériences conduites sans cette modification accessoire ont donné des résultats concordant avec les premières.

D'autre part, l'un de nous a poursuivi les expériences relatées dans une récente Note [2] avec les rayons K de l'argent et une fente collimatrice de $0^{mm},4$ de largeur. Trois clichés ont été pris sur la même plaque, sous les incidences *approximatives* $\frac{\pi}{4}$, $\frac{\pi}{2}$ et $\frac{3\pi}{4}$ avec un radiateur de carbone n'interceptant qu'un domaine angulaire de rayonnement d'une dizaine de degrés. Dans ces conditions, le doublet de Compton n'est pas apparu plus large que le doublet normalement dispersé (5 X). Les déplacements sont respectivement égaux à 8,5, 21 et 31 X, en accord satisfaisant avec la théorie. En outre, les raies observées sont bien linéaires et leur apparence exclut toute idée de spectre continu filtré.

Des clichés ont également été pris sous l'incidence normale avec des radiateurs de bore et de glucinium, ce dernier élément obligeamment fourni par M. Copaux. L'effet Compton est encore plus intense qu'avec le carbone, c'est-à-dire que la composante déplacée est 4 ou 5 fois plus forte que l'autre. Sa largeur est de 10 X et son déplacement de 22,3 X et 23 X respectivement.

L'expérience de comparaison des intensités des deux composantes diffusées dans le cas d'un cristal unique et d'une poudre cristalline (sel gemme, *loc. cit.*) a été reprise avec un cristal de quartz taillé parallèlement à l'axe optique et un radiateur de silice fondue. Comme dans le cas du sel gemme, il n'y a pas de différence sensible entre les intensités des deux composantes normales. L'élément diffusant par quanta est ici surtout l'oxygène et l'effet

---

(1) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, t. **10**, 1924, p. 41, 92 et 148.

(2) A. DAUVILLIER, *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 2076.

Compton est plus intense que dans le cas d'un radiateur d'aluminium [1].

Il est à noter que la conductibilité du quartz étant sensiblement nulle et celle de ce dernier métal étant très grande, les électrons dits « libres » ne jouent donc aucun rôle dans le phénomène qui ne dépend finalement que du nombre atomique. Dans le cas du quartz, les deux composantes ont sensiblement la même intensité. Dans celui du sel gemme, celle de Compton était au contraire extrêmement faible. Cette expérience semble indiquer que la réflexion cristalline — qui est environ 1000 fois plus intense que la diffusion normale — est indépendante de ce phénomène et correspond à un accroissement considérable du coefficient de dispersion. Cette hypothèse serait en accord avec les expériences de Bragg sur l'existence d'un coefficient d'absorption par réflexion, mais nécessiterait une conception nouvelle du mécanisme de cet effet. On pourrait admettre, par exemple, que le centre diffusant élémentaire voit son pouvoir dispersif s'accroître par une sorte de résonance sous l'influence des autres centres voisins vibrant en phase avec lui.

Le phénomène de « radiation tertiaire », décrit par Clark et W. Duane (*loc. cit.*) pour les rayons K du tungstène et du molybdène, a enfin été particulièrement recherché avec les rayons K de l'argent et un radiateur de calcium pour lequel les deux effets auraient été bien distincts. La composante de Compton doit, dans ce cas, être déplacée de 24 X tandis que la « radiation tertiaire » débuterait 124 X plus loin. Mais, malgré une pose d'une trentaine d'heures (25 milliampères, 45 kilovolts), aucune radiation linéaire ou diffuse n'est apparue dans cette région. L'effet Compton a aussi disparu, mais la radiation diffusée normale est encore assez forte, eu égard à l'absorption sélective qui réduit l'épaisseur utile du radiateur. De plus, la « radiation tertiaire » observée par Clark, Duane et Stifler (*loc. cit.*) dans le cas des rayons K de Mo et de radiateurs contenant les éléments C, O, Al, S, Na et Cl, est totalement différente des effets observés par nous avec les rayons K de l'argent et les éléments Gl, B, C, O, Al, Si, Na et Cl. Nous ne trouvons que l'effet Compton sans aucune « radiation tertiaire ». Le mécanisme de l'émission de celle-ci, tel qu'il a été proposé par Clark et Duane, offre du reste des difficultés au point de vue de la nature et de

---

(1) Le déplacement particulier de 16 X, au lieu des 24 X théoriques, qui avait été signalé pour ce radiateur (*loc. cit.*), doit être attribué à la faiblesse et à la dissymétrie de l'impression et aussi peut-être à un léger déréglage du foyer. Les expériences ultérieures, exécutées dans des conditions rigoureusement comparatives, ont montré un déplacement sensiblement indépendant du nombre atomique à 1 ou 2 X près.

l'intensité des effets observés. Il est à noter que les recherches de ces auteurs ont été poursuivies avec un cristal de calcite tandis que les nôtres l'ont été avec le sel gemme.

PHOTOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude de l'image latente photographique.* Note (1) de MM. **L. Lumière**, **A. Lumière** et **A. Seyewetz**.

Dans une Communication récente (2), nous avons précisé quelques-unes des conditions les plus favorables au développement de l'image latente photographique après fixage.

Nous avons utilisé, au cours de nos expériences, un révélateur à base de paraphénylènediamine et de sulfite d'argent, au sein duquel il se forme peu à peu de l'argent réduit par interaction de ces deux substances, en milieu alcalin sulfitique.

Les particules d'argent qui prennent ainsi naissance viennent se fixer électivement sur les sortes de germes invisibles qui constituent l'image latente, en donnant des grains qui grossissent graduellement et accusent une forme cristalline de plus en plus marquée.

En prolongeant pendant assez longtemps (plus de 48 heures) l'action du révélateur, l'aspect hexagonal que nous avons signalé se présente avec une grande netteté si l'on porte le grossissement à 2300 diamètres, ainsi que le montre la figure ci-contre.

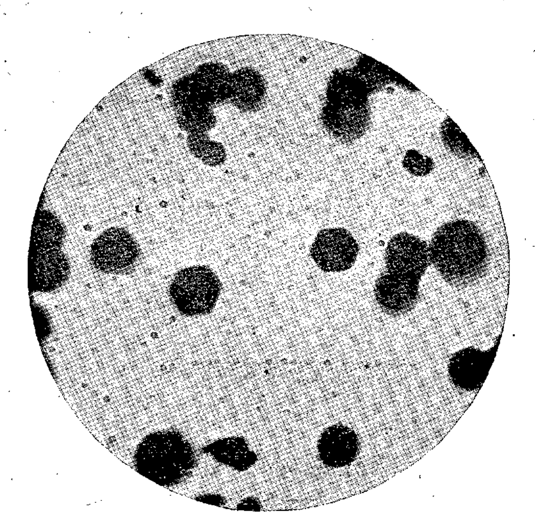
Nous avions pensé, tout d'abord, que le principe du développement de l'image après fixage pouvait se rattacher à un phénomène d'ordre purement physique et consistait en une attraction progressive de l'argent réduit provenant du révélateur par les germes dont la formation résulte de l'action de la lumière sur la couche sensible.

S'il en était ainsi, on devrait pouvoir révéler l'image latente par tous les bains dans lesquels il se produit de l'argent métallique à l'état naissant, même sans que le réducteur employé soit un révélateur chimique de l'image photographique, au sens habituel du mot. Les solutions de sulfite d'argent dissous dans le sulfite de soude et additionnées de formaldéhyde sont précisément dans ce cas. Or, ces réactifs sont absolument impuissants à faire naître la moindre trace d'image dans une couche sensible qui a été simple-

(1) Séance du 30 juin 1924.

(2) L. Lumière, A. Lumière et A. Seyewetz, *Sur le développement de l'image latente après fixage* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1765).

ment fixée après avoir subi l'action de la lumière; on doit donc en conclure que les germes tels qu'ils résultent de cette action sont incapables de fixer électivement les particules argentiques.



Développement après fixage; grossissement : 2300 D.

Pour expliquer cet échec en même temps que la réussite du développement, après fixage, par les solutions de paraphénylènediamine additionnées de sulfite d'argent, nous avons pensé que la modification du sel haloïde qui constitue l'image latente, avant d'acquérir sa faculté élective mise à profit dans le développement physique proprement dit, subit une première réduction par la paraphénylènediamine qui les ramène à l'état métallique, et c'est ce que l'expérience suivante a pleinement confirmé :

Si, après fixage et lavage d'une plaque préalablement exposée à la lumière, on traite celle-ci, en premier lieu, par un révélateur photographique ordinaire, au diamidophénol par exemple, aucune image n'apparaît, mais les germes sont réduits et acquièrent, dès lors, la propriété de fixer le métal qui tend à se précipiter dans le bain de formaldéhyde-sulfite d'argent signalé plus haut (¹).

Les germes n'existent donc pas, primitivement, à l'état métallique; ils sont constitués par une modification du bromure d'argent, modification dont la nature nous échappe encore. Peut-être s'agit-il d'un sous-bromure

(¹) Ce bain est constitué en ajoutant 5 pour 100 de son volume d'une solution de CH^2O à 40 pour 100 à la solution de sulfite d'argent précédemment indiquée.

dénué de pouvoir électif pour les parcelles d'argent suivant un processus physique, s'il n'a été préalablement traité par un réducteur chimique approprié.

Les substances susceptibles de déterminer cette réduction indispensable au développement après fixage sont celles qui remplissent les conditions que nous avons précisées autrefois, dans l'établissement des lois qui régissent la fonction développatrice photographique [1].

Quand les germes ont été réduits au moyen de ces développateurs, nous avons remarqué, en outre, qu'ils résistent notablement mieux à un lavage prolongé que lorsqu'ils n'ont pas été soumis à cette transformation.

NOMINATIONS.

MM. **P. Marchal** et **L. Joubin** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé en l'honneur de *Yves Delage*, à la Station biologique de Roscoff, le dimanche 10 août 1924.

M. **G. Kœnigs** est désigné pour représenter l'Académie à la prochaine session de l'Union internationale des sciences mathématiques à Toronto.

Sir **J.-J. Thomson** est désigné pour représenter l'Académie à la commémoration du centenaire de la naissance de *Lord Kelvin*, qui aura lieu à Londres les 10 et 11 juillet.

ÉLECTIONS.

Par 37 suffrages contre 1 à M. *Joseph Vallot*, M. **B. Berloty** est élu Correspondant de l'Académie, pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Elie Colin*, décédé.

---

(1) Auguste et Louis Lumière, *Les développateurs organiques en photographie* (*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, t. 2, 15 juillet 1891, p. 442).

PLIS CACHETÉS.

M. G.-R. **Modart** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 11 juin 1923 et inscrit sous le n° 9182.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé :

Calcul télésien et géométrie hermétique, ou la Mathématique physique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Charles Nordmann. *Notre maître le Temps. Les astres et les heures. Einstein ou Bergson?* (Présenté par M. P. Painlevé.)

2° *Primo centenario*, 1823-1923, *della Società medica chirurgica di Bologna.*

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les systèmes de points et sur la théorie des courbes gauches algébriques.* Note de M. **Marcel Légaut.**

1. J'ai étudié antérieurement (1) les systèmes de points réguliers dans le plan. Faisons passer par un tel système deux courbes de degré z et t et ne satisfaisant pas aux deux inégalités

$$z \geqq t \geqq m + n - n_1.$$

Le système B ainsi obtenu est dit *déduit* du système A. Tout système déduit de B est dit aussi déduit de A. Appelons *adjoint* d'un système A son plus petit système corésiduel sur sa première courbe minima. L'adjoint de cet adjoint est le deuxième adjoint de A, il coïncide avec son deuxième réduit A_2. L'ensemble des adjoints successifs constitue la *réduction adjointe*.

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2157.

Je démontre que les adjoints de même rang de deux systèmes qui se déduisent l'un de l'autre, peuvent aussi se déduire l'un de l'autre et qu'à partir d'un certain rang, les réductions adjointes sont confondues. Cette propriété permet de construire et d'étudier la réduction des systèmes déduits d'un système régulier : Ainsi, soit B le système déduit de A, par l'intermédiaire des deux courbes C_z et C_t. Si z et t sont supérieurs à h_c, caractéristique de A, le système B est régulier comme A. Sinon, B présente dans sa réduction un ou deux réduits dont une partie indécomposable de la première courbe minima ne passe par aucun point du réduit suivant. B est dit *irrégulier*. Le rang de ces réduits dépend de la position de z et t par rapport aux caractéristiques de A, ou de la particularité des courbes C_z et C_t. Le même fait se présente dans la réduction d'un système déduit d'un système régulier par un nombre quelconque de couples de courbes.

Tout système de points se réduit à une intersection totale ou à un système général, car je démontre que deux réduits successifs ne peuvent avoir mêmes courbes minima. D'ailleurs tout système se réduisant à une intersection totale peut se déduire d'un système se réduisant à un système généra et réciproquement. *J'ai par suite étudié tous les systèmes de points dont les réduits sont constitués par des points non infiniment proches.*

L'expression de la singularité contient des termes soustractifs correspondant à certaines irrégularités.

2. On peut aussi étudier de cette façon les systèmes de points A de l'espace. On appelle *première surface minima* la surface de plus petit degré qui passe par ce système; *deuxième surface minima*, celle de plus petit degré qui peut passer par le système sans contenir nécessairement la précédente; *troisième surface minima* celle de plus petit degré qui peut passer par le système sans contenir nécessairement la courbe, intersection totale des deux précédentes. Ces trois surfaces se recoupent suivant le système A_1, *premier réduit* de A. Le premier réduit A_2 de A_1 est le *deuxième réduit* de A. On peut trouver une relation entre la *singularité* de A et celle de A_2. Notons seulement les deux difficultés suivantes :

a. Il existe des réductions qui aboutissent à deux réduits consécutifs ayant les mêmes surfaces minima.

b. Les propriétés qui permettaient dans le plan la construction de la réduction d'un système déduit ne sont plus exactes dans l'espace.

3. Les méthodes précédentes permettent d'étudier les trois problèmes suivants que pose la théorie des courbes gauches algébriques.

a. Combien de conditions indépendantes impose une courbe gauche à une surface d'ordre donné pour qu'elle la contienne?

b. Quel est le genre d'une courbe sans point multiple?

c. Dans quelles conditions le théorème de Résiduation exacte pour les courbes planes et d'une façon générale pour les courbes intersections totales de deux surfaces, peut-il être généralisé pour les courbes non susceptibles d'une telle génération?

Nous appellerons *première surface minima* de la courbe C, celle de plus petit degré qui peut la contenir; *deuxième surface minima*, celle de plus petit degré qui peut passer par C sans contenir la précédente. Ces deux surfaces se recoupent suivant la courbe C, *première réduite* de C, etc. Nous dirons qu'une courbe C est *congrue aux surfaces de degré x*, si les traces de la réduction de C sur une telle surface constituent la réduction de son intersection totale avec cette surface.

Les trois problèmes sont résolus quand la courbe est congrue au plan. — Soit une courbe c régulière (c'est-à-dire dont la section plane est un système régulier) de degré c. Représentons la dimension de la série déterminée sur c par les surfaces de degré l par l'expression $cl - p - \delta_l$.

Si $l < h_c$,

$$\delta_l = cl - p + 1 - \frac{(l+1)(l+2)(l+3)}{6} - \sum_0^u [\psi_3(h_{2i} - l) + \psi_3(k_{2i} - l)]$$

Si $l \geqq h_c$,

$$\delta_l = c(h_c - 1) + 1 - C^3_{h_c+2} + \sum_0^u [C^3_{h_c - h_{2i}+2} + C^3_{h_c - k_{2i}+2}]$$

$$- \sum_0^\nu [C^3_{h_c - h_{2i+1}+2} + C^3_{h_c - k_{2i+1}+2}] - p - \sum_0^\nu [\varphi_3(h_{2i+1} - l) + \varphi_3(k_{2i+1} - l)].$$

$$\psi_3(u - l) = C^3_{u-l-1} = \frac{(u-l-1)(u-l-2)(u-l-3)}{6} \quad \text{si} \quad l \geqq u,$$

$$\psi_3(u - l) = 0 \quad \text{si} \quad l < u.$$

$$\psi_3(u - l) = C^3_{u-l-1} = \frac{(u-l-1)(u-l-2)(u-l-3)}{6} \quad \text{si} \quad l < u - 3,$$

$$\psi_3(u - l) = 0 \quad \text{si} \quad l \geqq u - 3.$$

Les h et k sont les caractéristiques du système section plane. δ_l atteint son maximum $\delta^{\max}$ et reste constant. Dans le cas général

$$\delta^{\max} = \Pi - p,$$

où Π *est le genre d'une telle courbe sans point multiple*. Je retrouve ainsi les résultats d'Halphen et de M. Castelnuovo relatifs aux courbes situées sur une quadrique.

Le théorème de résiduation est vrai pour ces courbes sans aucune restriction.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces dont les quadriques de Lie n'ont que deux points caractéristiques.* Note de M. **A. Demoulin.**

Nous conservons, dans cette Note, les notations de nos communications des 24 août, 14 septembre et 28 septembre 1908 [1]. Dans ces Notes, que nous désignerons respectivement par les lettres A, B, C, nous avons fait connaître diverses propriétés affines ou projectives des surfaces. Les relations (6) de la Note A sont fondamentales dans l'étude des surfaces en géométrie affine. Les formules suivantes sont aussi très utiles.

Soient, comme dans la Note A, x, y, z les coordonnées d'un point variable M d'une surface rapportée au réseau (α, β) de ses asymptotiques. Désignons par $\overline{X}$, $\overline{Y}$, $\overline{Z}$ les coordonnées d'un point P, mobile ou fixe, et rapportons ce point au trièdre MXYZ dont les arêtes MX, MY, MZ sont respectivement les droites t, t', m, définies dans la Note B [2]. Appelons coordonnées relatives du point P les quantités X, Y, Z données par les égalités

$$\overline{X} = x + \frac{\partial x}{\partial \alpha} X + \frac{\partial x}{\partial \beta} Y + \frac{\partial^2 x}{\partial \alpha\, \partial \beta} Z,$$

$$\overline{Y} = y + \frac{\partial y}{\partial \alpha} X + \frac{\partial y}{\partial \beta} Y + \frac{\partial^2 y}{\partial \alpha\, \partial \beta} Z,$$

$$\overline{Z} = z + \frac{\partial z}{\partial \alpha} X + \frac{\partial z}{\partial \beta} Y + \frac{\partial^2 z}{\partial \alpha\, \partial \beta} Z.$$

Soit P′ la position du point P correspondant aux valeurs $\alpha + d\alpha$, $\beta + d\beta$ des paramètres α, β. Si

$$X + \frac{\partial X}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial X}{\partial \beta} d\beta + \ldots + \frac{1}{n!}\left(\frac{\partial}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial}{\partial \beta} d\beta\right)^n X + \ldots, \qquad \ldots,$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 413, 493 et 565.

(2) La droite m, coïncidant avec MC (Note B), est évidemment conservée dans toute transformation affine. Elle a reçu le nom de *normale affine*. Plusieurs des propriétés de la normale affine que nous avons fait connaître dans la note B ont été retrouvées par M. Blaschke (*Leipz. Ber.*, t. 69, 1917, p. 166). L'indicatrice $\overline{F}$ de M. Blaschke est la polaire réciproque de notre indicatrice (I) par rapport à une sphère ayant pour centre l'origine des coordonnées. Nous avons démontré (Note B) que les surfaces de M. Tritzéica sont les seules pour lesquelles la normale affine passe par un point fixe situé à distance finie.

sont les coordonnées relatives du point P′, on a

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\delta X}{\partial\alpha} = 1 + pX + kZ + \dfrac{\partial X}{\partial\alpha}, & \dfrac{\delta X}{\partial\beta} = p'Y + r'Z + \dfrac{\partial X}{\partial\beta}, \\ \dfrac{\delta Y}{\partial\alpha} = qX + rZ + \dfrac{\partial Y}{\partial\alpha}, & \dfrac{\delta Y}{\partial\beta} = 1 + q'Y + kZ + \dfrac{\partial Y}{\partial\beta}, \\ \dfrac{\delta Z}{\partial\beta} = Y + pZ + \dfrac{\partial Z}{\partial\alpha}, & \dfrac{\delta Z}{\partial\beta} = X + q'Z + \dfrac{\partial Z}{\partial\beta}. \end{cases}$$

Faute de place, nous n'écrivons pas les formules donnant les coefficients des termes en $d\alpha^i\, d\beta^k$ $(i + k \geqq 2)$ [1].

En coordonnées relatives X, Y, Z, la quadrique de Lie (Note C) a pour équation

$$XY = Z\left(1 + \frac{kZ}{2}\right).$$

Au moyen des formules (1), on démontre que les coordonnées relatives Y des points F'_1, F'_2 et les coordonnées relatives X des points F_1, F_2 sont respectivement les racines des équations

$$(2)\quad \frac{1}{2}\left(\frac{\partial k}{\partial\alpha} - kp\right)\mu^2 + r\mu + q = 0; \qquad \frac{1}{2}\left(\frac{\partial k}{\partial p} - kq'\right)\lambda^2 + r'\lambda + p' = 0 \quad [2].$$

Il existe des surfaces pour lesquelles F_2 et F'_2 coïncident respectivement avec les points F_1, F'_1. Voici les formules qui nous ont permis d'énoncer ce résultat dans la Note B.

Les fonctions p, q, r, p', q', r', k qui conviennent aux surfaces considérées ont pour expressions

$$p = \frac{\partial \log\varphi}{\partial\alpha}, \qquad q' = \frac{\partial \log\varphi}{\partial\beta}, \qquad q = \frac{\lambda^2}{2\varphi}, \qquad p' = \frac{\mu^2}{2\varphi},$$
$$r = \lambda\sqrt{\frac{\partial\psi}{\partial\alpha}}, \qquad r' = \mu\sqrt{\frac{\partial\psi}{\partial\beta}}, \qquad r = \varphi\psi,$$

---

(1) Soient x_i $(i = 1, 2, 3, 4)$ les coordonnées homogènes ou tétraédriques d'un point mobile d'une surface rapportée au réseau (α, β) de ses asymptotiques. On peut établir des formules analogues à celles du texte en rapportant la surface au tétraèdre dont les sommets ont pour coordonnées x_i, $\dfrac{\partial x_i}{\partial\alpha}$, $\dfrac{\partial x_i}{\partial\beta}$, $\dfrac{\partial^2 x_i}{\partial\alpha\,\partial\beta}$.

(2) Soient g et g' les génératrices de la quadrique de Lie respectivement conjuguées harmoniques de t' par rapport à g_1, g_2 et de t par rapport à g'_1, g'_2. Désignons par R l'intersection des droites g, g' et par F, F′ les intersections respectives de ces droites et des droites t, t'. Il est clair que le tétraèdre MFF′R est conservé dans toute transformation projective. La coordonnée relative X du point F et la coordonnée relative Y du point F′ s'expriment rationnellement en fonction des coefficients des équations (2).

λ, μ, φ, ψ désignant des solutions du système

$$\frac{\partial\lambda}{\partial\beta}=\varphi\sqrt{\frac{\partial\psi}{\partial\alpha}},\qquad \frac{\partial\mu}{\partial\alpha}=\varphi\sqrt{\frac{\partial\psi}{\partial\beta}},$$

$$\frac{\partial^2\log\varphi}{\partial\alpha\,\partial\beta}=\varphi\psi-\frac{\lambda^2\mu^2}{4\varphi^2},\qquad \left(\frac{\partial^2\psi}{\partial\alpha\,\partial\beta}\right)^2=\frac{\lambda^2\mu^2}{\varphi^2}\frac{\partial\psi}{\partial\alpha}\frac{\partial\psi}{\partial\beta}.$$

Si l'on prend pour ψ une constante, on obtient les surfaces de M. Tzitzéica.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la déformation projective de certaines congruences de droites.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

I. L'applicabilité projective des congruences de droites a déjà fait l'objet de plusieurs travaux (¹). M. Cartan a indiqué notamment que deux congruences sont toujours applicables d'ordre un, qu'une congruence n'admet pas en général de déformation projective d'ordre deux et que certaines congruences W admettent une déformation singulière d'ordre deux; dans ce cas particulier les surfaces images des congruences dans l'espace conforme à quatre dimensions sont isothermiques. J'ai démontré que l'on pouvait envisager des applicabilités d'ordre trois : les congruences formées par les tangentes menées à une surface développable, aux différents points de l'arête de rebroussement admettent toutes une déformation d'ordre trois.

Je vais m'occuper de certaines congruences W. Ces congruences que j'appellerai W_0 sont caractérisées par deux conditions : 1° le complexe osculateur ne dépend que d'un paramètre; 2° les deux invariants fondamentaux de déformation projective (qui sont égaux en vertu de la première condition) sont nuls.

II. On peut caractériser les congruences W_0 par la possibilité de normaliser le repère tétraédrique mobile $a_1\,a_2\,a_3\,a_4$ de façon à satisfaire au système formé par les quatre groupes d'équations de Pfaff :

$$\omega_{14}=\omega_{23}=0;\qquad \omega_{34}=\omega_{43}=-\omega_{12}=-\omega_{21}=\omega_{13}+\omega_{24};$$
$$\omega_{32}=\omega_{41};\qquad \omega_{33}-\omega_{11}=\omega_{44}-\omega_{22}=0.$$

(¹) E. Cartan, *Sur le problème général de la déformation* (*C. R. du Congrès de Strasbourg*, 1921, p. 397-406). — G. Fubini, *Reale Ac. N. dei Lincei*, 5ᵉ série, vol. 32, 2ᵉ semestre 1923, p. 278-279. — P. Mentré, *Les variétés de l'espace réglé* (*Thèse*, Paris, 1923, p. 74-85).

Les équations du premier groupe expriment que la droite $a_1 a_2$ engendre une congruence à nappes focales distinctes. Les équations du deuxième groupe expriment que la congruence engendrée appartient à la famille W. L'équation du troisième groupe exprime que le complexe osculateur ne dépend que d'un paramètre.

En prolongeant le système de Pfaff de façon à le rendre involutif, on obtient un nouveau système qui n'entraîne qu'une seule équation quadratique extérieure. On en déduit que les congruences W_0 dépendent d'une fonction arbitraire d'un argument.

On peut appliquer au système de Pfaff prolongé la méthode de réduction exposée par M. Cartan (¹). On constate ainsi qu'il n'est pas possible de fournir les congruences W_0 sans utiliser des signes d'intégration.

III. Les congruences W_0 ont des propriétés géométriques remarquables. La quadrique caractéristique de la congruence linéaire caractéristique du complexe linéaire osculateur contient deux droites fixes. Les nappes focales sont des conoïdes qui admettent pour directrices les deux droites fixes.

Les congruences W_0 admettent une déformation singulière. M. Cartan a remarqué que les nappes focales d'une congruence que l'on déforme d'une façon singulière subissent une déformation projective du second ordre. D'ailleurs tous les conoïdes ont précisément la propriété d'être applicables les uns sur les autres (²).

Les congruences W_0 admettent un groupe de déplacements projectifs sur elles-mêmes, à un paramètre.

IV. Certaines congruences W_0 admettent un groupe de déplacements projectifs sur elles-mêmes, à deux paramètres. En résolvant le système de Pfaff qui fournit ces congruences, on trouve que les deux nappes focales sont deux conoïdes (projectivement égaux), admettant en commun un quadrilatère gauche et ayant pour équations en coordonnées tétraédriques homogènes :

$$\frac{z_1}{t_1} = \left(\frac{y_1}{x_1}\right)^n, \qquad \frac{z_2}{t_2} = \mathrm{K}\left(\frac{y_2}{x_2}\right)^n.$$

Lorsque la congruence appartient à un complexe linéaire, les nappes focales se réduisent à des quadriques, car le nombre n devient égal à 1.

V. Les congruences W_0 sont toutes projectivement applicables d'ordre 2

(¹) E. Cartan, *Bull. Soc. math.*, t. 42, 1914, p. 12-48.

(²) E. Cartan, *Ann. Éc. Norm.*, 3ᵉ série, t. 37, 1920, p. 335.

les unes sur les autres. Il existe d'ailleurs des congruences non W_0 applicables sur une congruence W_0; leur recherche est intéressante.

VI. Pour avoir les surfaces images des congruences W_0 dans l'espace conforme à 4 dimensions, il est commode de donner pour images des droites fixes que contient la quadrique sous-caractéristique l'hypersphère point dont le centre est à l'origine et l'hyperplan de l'infini. Dans ces conditions on obtient pour images des congruences W_0 certains cônes dont le sommet est à l'origine.

Les cônes sont d'ailleurs manifestement des surfaces isothermiques qui admettent une transformation conforme à un paramètre (homothétie).

Si une congruence W_0 appartient à un complexe linéaire, on peut lui donner pour image une surface dans un espace à 3 dimensions plongé dans l'espace conforme à 4 dimensions. En particulier les congruences W_0 dont les nappes focales sont des quadriques s'appuyant sur un même quadrilatère gauche peuvent avoir pour images les cônes de révolution de l'espace ordinaire. Ces cônes admettent d'ailleurs manifestement une transformation conforme à deux paramètres.

Quand on réalise dans l'espace à 3 dimensions, supposé plongé dans un espace à 4 dimensions, l'application euclidienne d'ordre 1 de deux cônes de révolution, on réalise en même temps l'application conforme singulière d'ordre 2 des deux cônes considérés comme des variétés de l'espace à 4 dimensions.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles des fonctions méromorphes.* Note [1] de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Émile Borel.

1. Étant donnée une fonction méromorphe $f(x)$, posons

$$(1) \qquad m(r, z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} \left| \frac{1}{f(re^{i\varphi}) - z} \right| d\varphi, \qquad N(r, z) = \int_0^r \frac{n(t, z)}{t}\, dt,$$

$\overset{+}{\log} a$ ayant la valeur $\log a$ ou 0 suivant que $a \geqq 1$ ou $0 \leqq a < 1$, et $n(r, z)$ désignant le nombre des zéros, distincts de l'origine, de la fonction $f(x) - z$ compris dans le cercle $|x| < r$. Si $z = \infty$ on remplacera $f - z$ par $\frac{1}{f}$.

Cela posé, on a ce théorème [2] :

---

[1] Séance du 26 mai 1924.

[2] Cf. la Note de l'auteur insérée dans les *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 367.

A chaque fonction méromorphe correspond une fonction continue et croissante $T(r)$, *fonction convexe de* $\log r$, *telle qu'on ait, pour toute valeur de* z,

$$(2) \qquad T(r) = m(r, z) + N(r, z) + O(1),$$

l'expression $O(1)$ *restant bornée lorsque* $t \to \infty$.

Dans la présente Note nous indiquerons quelques résultats nouveaux relatifs aux expressions (1). Ces résultats se déduisent du théorème général suivant :

Étant donnés trois nombres a, b, c *différents entre eux, on aura*

$$(3) \qquad T(r) < N(r, a) + N(r, b) + N(r, c) + S(r),$$

où l'expression $S(r)$, *quelque petit qu'on se donne* $\varepsilon(>0)$, *vérifie la condition*

$$(4) \qquad \frac{S(r)}{T(r)} < \varepsilon,$$

sauf peut-être dans certains intervalles de longueur totale finie.

Si, en particulier, la fonction méromorphe donnée est d'ordre fini $\left(\text{c'est-à-dire si la limite } \limsup_{r=\infty} \frac{\log T(r)}{\log r} \text{ a une valeur finie}\right)$ *on aura pour toute valeur de* r *l'inégalité* (3) *avec* $S(r) = o(\log r)$.

Il est facile de voir que la limite supérieure pour $r = \infty$ du rapport $\frac{N(r, z)}{T(r)}$ ne saurait dépasser l'unité. Quant à la borne inférieure de cette limite, on déduit du théorème ci-dessus les résultats suivants, qui généralisent le théorème de M. Picard.

On a

$$\limsup_{r=\infty} \frac{N(r, z)}{T(r)} \geq \frac{1}{3}$$

pour toutes les valeurs z, *excepté deux valeurs au plus.*

Si l'égalité

$$\lim_{r=\infty} \frac{N(r, z)}{T(r)} = 0$$

subsiste pour deux valeurs différentes de z, *on aura pour toute autre valeur* z

$$\lim_{r=\infty} \frac{N(r, z)}{T(r)} = 1,$$

à la condition éventuelle d'exclure, dans le cas où $f(x)$ *est d'ordre infini, certain s intervalles de longueur totale finie.*

Rappelons encore la proposition suivante, qui se déduit de l'égalité (3) et des théorèmes IV et V de la Note citée plus haut :

Soient $f(x)$ *une fonction méromorphe,* $r_\nu(z)$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$ *les modules des zéros de* $f(x) - z$ *et* $M(r, z)$ *le maximum de* $\left|\frac{1}{f(x)-z}\right|$ *pour* $|x| = r$. *Si, pour une valeur donnée* $\lambda > 0$, *la série*

$$\sum_1^\infty \left[\frac{1}{r_\nu(z)}\right]^\lambda$$

converge pour trois valeurs différentes de z, *elle sera, ainsi que l'intégrale*

$$\int^\infty \frac{\overset{+}{\log} M(r, z)}{r^{\lambda+1}} dr,$$

convergente pour toute valeur z.

2. En supposant $f(x)$ uniforme et méromorphe dans le cercle $|x| < 1$, on peut montrer qu'il existe une fonction croissante $T(r)$ telle que

$$T(r) = m(r, z) + N(r, z) + O(1),$$

où l'expression $O(1)$ reste bornée lorsque $r \to 1$. Nous appellerons *ordre* de $f(x)$ la valeur de la limite

$$\limsup_{r=1} \frac{\log T(r)}{\log \frac{1}{1-r}}.$$

Si $f(x)$ est d'ordre infini, on aura encore l'inégalité (3) où, quelque petit que soit ε, $S(r)$ vérifie pour $0 < r < 1$ l'inégalité (4), en excluant peut-être une suite d'intervalles tels que, $\delta(\rho)$ désignant la longueur totale des parties de ces intervalles comprises entre ρ et 1, le rapport $\frac{\delta(\rho)}{1-\rho}$ tend vers zéro lorsque $\rho \to 1$. Dans les cas où $f(x)$ est d'ordre fini, on aura dans tout l'intervalle $0 \leqq r < 1$ l'inégalité (3), où cette fois

$$(5) \qquad \frac{S(r)}{\log \frac{1}{1-r}} \text{ reste borné pour } r < 1.$$

On en conclut que, dans les cas où

$$\lim_{r=1} \frac{T(r)}{\log \frac{1}{1-r}} = \infty,$$

le quotient $\frac{N(r, z)}{T(r)}$ joint pour $r \to 1$ de propriétés asymptotiques analogues à celles indiquées ci-dessus pour les fonctions méromorphes dans tout le plan.

En appliquant les propositions énoncées ci-dessus aux fonctions entières ou bien aux fonctions holomorphes dans le cercle $r < 1$, on retrouve les résultats établis par nous dans un travail récemment paru (¹).

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur la décomposition du plomb tétraéthyle et son application aux moteurs à explosion.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Georges Normand**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans des publications sur les composés organométalliques du magnésium (²), l'un de nous a montré que la décomposition pyrogénée de l'iodure d'éthylmagnésium donne naissance à de l'éthylène et à de l'hydrure de magnésium ; ce dernier est d'ailleurs facilement décomposable et laisse par élévation de température un dépôt de métal. Les autres dérivés organométalliques jouissent de propriétés analogues et lorsque les hydrures sont instables on obtient le métal par pyrogénation. Ce résultat est particulièrement net sur le plomb tétraéthyle. Nous avons préparé ce corps à l'état pur en faisant réagir le chlorure de plomb sur l'iodure d'éthylmagnésium, puis en distillant dans le vide le produit brut. Ce composé subit vers 400° une décomposition pyrogénée accompagnée d'une abondante production de plomb très divisé.

Il nous a semblé que ce mode de décomposition du plomb tétraéthyle permet d'interpréter facilement les résultats obtenus en Amérique par Thomas Midgely, pour utiliser ce produit mélangé aux carburants des moteurs à explosion. Ce corps permet d'augmenter la compression des moteurs en diminuant les chances d'explosion spontanée du mélange gazeux par autoallumage.

Les réactions chimiques et en particulier les explosions de gaz sont amorcées ou accélérées par la présence de corps à faible rayon de

---

(¹) Rolf Nevanlinna, *Untersuchungen über den Picardschen Satz* (*Acta Soc. Sc. Fennicæ*, t. 50, n° 6, 1924).

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 213 et 353.

courbure (¹). Elles se produisent d'abord au voisinage des poussières, pointes et arêtes vives, qu'elles portent ainsi à une haute température.

Nous avons pu réaliser une expérience qui met ce fait en lumière. Dans un moteur à deux temps, à distribution par fourreau, le rallumage spontané se produisait vers 1350 tours-minute, la compression étant d'environ 5^{kg}. En faisant fonctionner le moteur dans les mêmes conditions, après avoir poli soigneusement les lèvres des orifices du fourreau, qui étaient à angles vifs, le rallumage spontané ne s'est plus produit qu'à 1700 tours-minute.

Si le même phénomène a lieu en présence de plomb tétraéthyle, ce dernier se trouvera décomposé en tous les points où la température est très élevée, en tous les centres d'autoallumage. Les parties incandescentes qui provoquent dans un cylindre l'autoallumage sont de préférence à tout autre point recouvertes de plomb métallique, qui s'oppose à un nouvel effet en augmentant par son dépôt le rayon de courbure de toutes les aspérités qui catalysent l'explosion.

Nous avons en effet vérifié que si l'on place un clou soigneusement poli dans la vapeur de plomb tétraéthyle vers 400°, le dépôt de plomb commence sur la pointe.

On peut remarquer en outre que le plomb est liquide aux températures d'explosion des gaz mélangés et qu'il ne peut, par son état physique même, donner lieu à des particules de très petit rayon ; pendant les explosions normalement provoquées, le plomb mis en liberté est évacué à l'état de métal finement pulvérisé avec les gaz d'échappement.

AVIATION. — *Contributions à l'étude du vol des albatros.* Note de M. **Pierre Idrac**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note précédente (²), nous avons indiqué les travaux préparatoires que nous avions effectués avant d'étudier sur place le vol des albatros dans les mers australes.

Cette dernière étude a été faite cet hiver, à bord d'un navire argentin se rendant en Géorgie du Sud, puis à bord d'un baleinier opérant dans ces régions.

(¹) G. Reboul, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1227.

(²) *Sur la structure des vents du large et leur utilisation pour le vol à voile* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 747).

Les mesures concernant les mouvements d'oiseaux (vitesse horizontale et verticale, hauteur au-dessus de la mer, etc.) ont été faites principalement par restitution photographique sur des vues prises avec un appareil cinématographique automatique. Cet appareil permettait de suivre les oiseaux dans tous leurs mouvements et prenait des vues à intervalles réguliers de $\frac{1}{16}$ de seconde.

Les mesures concernant les mouvements de l'air (vitesse et direction du vent, irrégularités, ascendance, etc.) ont été faites avec divers anémomètres, en tenant compte des oscillations du navire avec un accéléromètre; et en partie par l'observation et la cinématographie de fumées données par des appareils fumigènes portés par des flotteurs à la surface de l'eau.

La conclusion de cette étude est que, contrairement à tous les oiseaux voiliers étudiés par nous jusqu'ici, les albatros n'utilisent pas les courants ascendants sous quelque forme qu'ils se présentent (courants dus à des obstacles, courants thermiques, courants de friction), ou du moins ils ne s'en servent qu'à titre exceptionnel (1). Les irrégularités du vent n'interviennent pas non plus dans leur mode général de vol. Ce qu'ils utilisent, c'est la différence de vitesse qui existe entre deux couches d'air de niveaux différents entre lesquels ils louvoient constamment, par une série de montées et de descentes, la couche inférieure étant très voisine de la surface de la mer.

Lorsque l'oiseau est au ras de l'eau, il se place généralement entre deux vagues ou du moins près de la face de la vague opposée au vent, de manière à voler dans un endroit où le vent est faible. Puis il fait face au vent et s'élève jusqu'à une hauteur qui varie de 10^m à 15^m en général; il oblique alors à droite ou à gauche et redescend vent arrière ou vent latéral (2), jusqu'au ras de l'eau où il répète le même manège. La période de cette manœuvre est assez constante : elle est de l'ordre de 7 à 9 secondes pour le *diomedea melanophris* et de 10 à 11 secondes pour le *diomedea exulans*.

Cette régularité même semblait *a priori* exclure toute utilisation d'ascendances ou d'irrégularités du vent qui ne présentent pas de semblables périodes; des enregistrements directs au moyen d'un anémomètre instantané et de cinématographies de fumées ont montré qu'il en était bien ainsi. De plus, des mesures faites au voisinage de l'endroit où des oiseaux opéraient cette manœuvre, dans la baie d'Ushuaïa en Terre de Feu, ont

(1) Et dans les conditions indiquées dans la Note précitée.

(2) Il s'agit bien entendu dans cette expression du vent relatif à la surface de l'eau.

mis en évidence la différence de vitesse du vent près de la mer et à une certaine hauteur. Pour un vent de l'ordre de 10^m, à $3^m,50$ d'altitude, la vitesse moyenne du vent était inférieure de 2^m à ce qu'elle était à $0^m,50$ au-dessus de la crête des vagues.

Si l'on soumet au calcul la trajectoire de l'oiseau avec les vitesses, altitudes et périodes observées, on peut en déduire la finesse approximative de l'oiseau correspondant à sa vitesse moyenne, qui est de l'ordre de 20^m. Le dépouillement des nombreux clichés cinématographiques obtenus permettra d'obtenir la valeur de ce nombre. Vu la longueur du travail, les résultats en seront publiés ultérieurement; nous pouvons, néanmoins, dire dès maintenant, à titre d'indication, que cette finesse est d'environ $\frac{12}{20}$, c'est-à-dire du même ordre que celle des grands vautours d'Afrique, mais correspondant à une vitesse plus grande, d'environ 20^m par seconde, plus voisine de celle de nos avions modernes.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la coordination des propriétés thermodynamiques de l'eau.* Note de M. **Alfred Lartigue**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Une précédente Note [1] a envisagé en termes généraux l'utilisation de la représentation de Fresnel dans les calculs thermodynamiques. Nous nous proposons maintenant d'en faire une application numérique approximative dans le cas typique de l'eau.

I. *Eau liquide.* — Négligeant des variations bien connues, mais inférieures à 1 pour 100, on peut poser en moyenne, avec les notations déjà employées, les valeurs numériques suivantes, applicables entre $\theta = 253°$ absolus (eau en surfusion) et $\theta = 638°$ absolus (eau au point critique) :

$$\varkappa\theta = 0,7071\,\theta; \qquad \chi = 0,7071\,\theta; \qquad q = 1,000\,\theta; \qquad \varphi = 45°.$$

Ceci revient à postuler qu'en raison de la liberté et de la mobilité des molécules liquides, — sans doute aussi, en raison de la neutralité chimique de l'eau, — la tendance théorique à l'équipartition de l'énergie se trouverait satisfaite dans toute l'étendue de la phase liquide.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2169. — Page 2171, ligne 12, *au lieu de* $\sqrt{(\varkappa\theta^2) + \chi^2}$, *lire* $\sqrt{(\varkappa\theta)^2 + \chi^2}$.

II. *Vapeur d'eau saturante.* — Il s'ensuit qu'à 373° absolus, et sous la pression normale, la chaleur massique totale q de la vapeur d'eau serait égale à $870^{cal},9$ environ (chaleur massique totale de l'eau liquide à 373°, 373^{cal}; chaleur massique de vaporisation L à ajouter, $538^{cal},7$; travail extérieur Apv à déduire, $0,0243 \times 1678 = 40^{cal},8$. La composante active, $\varkappa\theta$, doit demeurer égale à $0,7071 \times 373 = 263^{cal},75$; la seconde composante, χ, passerait donc, pendant la vaporisation, de $263^{cal},75$ à 830^{cal} réactives.

Si pour la vapeur d'eau saturante on admet, sous toutes réserves, que cette valeur de χ reste pratiquement constante, quel que soit θ, on pourra poser, entre $\theta = 273°$ et $\theta = 638°$ absolus :

$$\varkappa\theta = 0,7071\theta; \quad \chi = 830; \quad q = \sqrt{0,5\theta^2 + 688\,900}; \quad \varphi = 76°57' \text{ à } 61°48'.$$

On en déduit le tableau ci-dessous, où tous les éléments exprimés en calories sont rapportés à la masse unité. Pour le travail extérieur, Apv, les nombres de Zeuner ont été majorés de $0^{cal},5$ à $0^{cal},7$, parce qu'à 373° on admet actuellement $v = 1679$ au lieu de 1650. Le symbole W indique l'énergie massique totale, $q + Apv$; le symbole L_c, la chaleur de vaporisation calculée, $W - 1,000\theta$; les symboles L_R et L_H, les chaleurs de vaporisation mesurées par Regnault (1847) et par Henning (1909).

θ.	$\varkappa\theta$.	χ.	q.	Apv.	W.	L_c.	L_R.	L_H.
273°...	193,04	830	852,15	31,53	883,68	610,68	606,50	»
298....	210,72	830	856,33	33,70	890,03	592,03	589,11	»
323....	228,40	830	860,85	36,07	896,93	573,93	571,66	570,0 [1]
348....	246,07	830	865,71	38,53	904,24	556,24	554,14	554,1
373....	263,75	830	870,90	40,80	911,70	538,70	536,50	538,7
398....	281,43	830	876,41	42,88	919,29	521,29	518,73	521,7
423....	299,11	830	882,24	44,75	926,99	503,99	500,79	503,8
448....	316,78	830	888,40	46,39	934,79	486,79	482,65	485,8
473....	334,46	830	894,85	47,83	942,68	469,68	464,30	»
638....	445	830	942	60 env.	1000 env.	362 env.	»	»

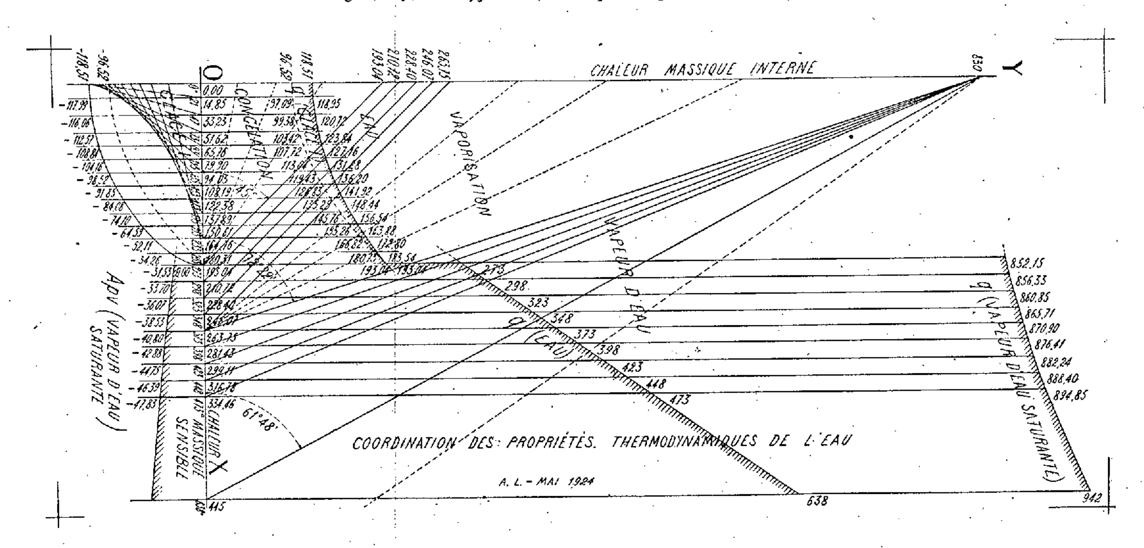
Les éléments calculés sont reportés sur le diagramme ci-après.

III. *Glace.* — A 273° absolus et sous la pression normale, la chaleur massique totale q de la glace fondante serait égale à 193^{cal} environ (chaleur massique totale de l'eau liquide à 273°, 273^{cal}; chaleur massique de fusion à déduire, $79^{cal},6$ à $80^{cal},3$, selon les expérimentateurs; travail extérieur Apv négligeable). La composante active, $\varkappa\theta$, doit demeurer égale à

(1) Valeur rectifiée.

$0,7071 \times 273 = 193^{\text{cal}},04$; il en résulte que pour la glace fondante ordinaire (glace I) on aurait :

$$x\theta = 193,04; \qquad \chi = 0; \qquad q = 193,04; \qquad \varphi = 0^{\circ}.$$



Avoir $\chi = 0$ et $\varphi = 0$ implique égalité entre les deux termes antagonistes dont la composante réactive χ est la différence, à savoir l'énergie cinétique de rotation moléculaire, et l'énergie potentielle de déformation élastique. En Électrotechnique, on dirait en pareil cas que l'inductance et la capacitance se faisant équilibre, la réactance et le déphasage sont nuls.

Entre le zéro absolu et $\theta = 273^{\circ}$, la chaleur spécifique q' de la glace croît à peu près proportionnellement à la température θ. Pour traduire cette loi, on a le choix entre diverses solutions empiriques; une, théoriquement intéressante, est représentée par deux paraboles semblables (en traits interrompus sur le diagramme) et par les relations

$$x\theta = 0,7071\,\theta; \qquad \chi = -96,52 + 0,0012956\,\theta^2; \qquad q = 96,52 + 0,0012956\,\theta^2;$$
$$\varphi = -90^{\circ} \text{ à } 0^{\circ};$$

une autre est représentée par deux courbes dissemblables (en traits pleins sur le diagramme) et par les relations

$$x\theta = 0,7071\,\theta; \qquad q = 118,51 + 0,001\,\theta^2; \qquad \chi = \sqrt{q^2 - (x\theta)^2}; \qquad \varphi = -90^{\circ} \text{ à } 0^{\circ}.$$

La vérification expérimentale des chaleurs spécifiques q' déduites de cette dernière solution s'établit comme suit :

Par rapport aux résultats de Dewar (1905), écarts ayant pour moyenne géométrique — $0^{cal},005$:

θ.....	21° à 85°.		85° à 195°.	195° à 255°.	195° à 273°.	255° à 273°.
q' calc.	0,106		0,280	0,450	0,468	0,528
q' obs.	0,146	(0,044 Bollitzer.)	0,285	0,463	0,474	0,511

Par rapport aux résultats de Nernst (1910), écarts ayant pour moyenne géométrique + $0^{cal},005$:

θ.....	73°.	93°.	113°.	133°.	173°.	213°.	253°.	263°.
q' calc.	0,146	0,186	0,226	0,266	0,346	0,426	0,506	0,526
q' obs.	0,168	0,199	0,230	0,262	0,325	0,392	0,480	0,530

Au voisinage du zéro absolu doit se produire une succession de transformations polymorphiques (glaces II à VI), et l'énergie potentielle de déformation élastique (résidu de la chaleur totale à l'état liquide) doit tomber à une valeur sensiblement moindre que 118^{cal} réactives.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Extension de l'application de la loi des gaz aux solutions superficielles.* Note de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente (¹) j'ai montré que les « solutions superficielles » obéissent d'une façon satisfaisante à la loi des gaz parfaits, c'est-à-dire que le produit pS de la « pression superficielle » d'une « solution superficielle » par la surface qu'elle occupe sur l'eau, reste sensiblement constante pour des valeurs de la surface comprises entre 2 et 8 fois celle qui correspond à la saturation (juxtaposition moléculaire).

J'indiquais à la fin de ma Note qu'il me paraissait probable que le produit pS devait rester constant pour des valeurs de S supérieures à 8 fois la surface de saturation, mais que des causes d'erreurs que j'énumérais, et qui devaient tenir à la lenteur relative des mesures, devaient restreindre le champ d'investigation. Des observations nouvelles m'ont cependant permis d'étendre ce domaine :

Quand de l'acide oléique se répand sur de l'eau propre, il se réalise heureusement un régime quasi stationnaire en deçà de la lisière qui limite la

(¹) A. Marcelin, *La dissolution superficielle et la loi des gaz* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1079).

surface graissée, la pression superficielle ayant sensiblement, en chaque point de la surface, la valeur qu'elle aurait, dans l'état d'équilibre correspondant à la surface occupée à chaque instant (comme dans une détente réversible). De plus, la vitesse de déplacement de la lisière est à chaque instant proportionnelle à cette pression superficielle, ce qui donne un moyen *rapide* pour la mesurer à partir du moment où la mesure directe devient impossible.

L'étude de la détente de la nappe d'acide oléique peut être faite par un procédé chronophotographique analogue à celui que j'ai décrit à propos de l'étude de l'extension du camphre ([1]), qui utilise quelques flotteurs en papier que la photographie saisit dans les positions qu'ils occupent, à des instants coïncidant avec les battements d'un métronome.

J'ai utilisé une longue cuve rectangulaire en émail de 12×60^{cm}, à bords paraffinés, remplie d'eau jusqu'aux bords; la couche d'acide oléique était limitée avant la détente par une bande de mica paraffiné posée sur l'eau en travers de la cuve contre un de ses petits côtés, et par une feuille de « papier de boulanger », posée sur l'eau également; en concordance avec le premier battement d'un métronome on faisait glisser rapidement la feuille de papier sur la surface vers le bord opposé; la nappe grasse commençait aussitôt sa détente progressive dans l'espace vide brusquement réalisé devant elle.

Résultats. — *a.* Une première série de clichés montre que la lisière rectiligne de la nappe grasse étant indiquée avant la détente par quatre flotteurs en papier blanc, reste sensiblement rectiligne au cours de la détente.

b. Une seconde série de clichés montre que la détente se poursuit uniformément en tous points de la nappe grasse : trois flotteurs placés avant la détente à des distances inégales du bord fixe de la nappe décrivent en effet des alignements parallèles et d'inégales longueurs, tels que les distances correspondantes et respectives des trois flotteurs au bord fixe de la nappe restent proportionnelles à leurs valeurs initiales.

c. Enfin les mêmes clichés permettent de vérifier que le produit de la surface S par la vitesse de propagation v reste constant pour des valeurs de S comprises entre $S = 4$ et $S = 28$, étant convenu qu'on attribue la valeur $S = 1$ à la surface de la couche grasse en état de saturation (juxtaposition moléculaire). Ci-après les résultats d'un pointé (on a attribué arbitrairement la valeur $S = 1$ à la valeur moyenne du produit vS) :

([1]) A. Marcelin, *Extension superficielle des corps solubles ou volatils* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 79).

S = 1	(saturation)	S = 16	vS = 1,01
S = 2	»	S = 18	0,98
S = 4	vS = 1,08	S = 20	0,96
S = 6	0,93	S = 22	1,11
S = 8	1,11	S = 24	1,06
S = 10	0,95	S = 26	1
S = 12	1	S = 28	0,97
S = 14	»		

(Durée de la détente, de S = 2 à S = 28 : 46 secondes.)

Conclusions. — La méthode directe m'avait permis de vérifier la constance du produit pS depuis S = 2 jusqu'à S = 8; nous venons de voir, d'autre part, que le produit vS est également constant dans l'intervalle de surfaces S = 4 à S = 8 et au delà. On peut en conclure :

a. Que les variations de la pression p et de la vitesse de propagation v sont proportionnelles.

b. Par extrapolation, que le produit vS étant constant depuis S = 2 jusqu'à S = 28, le produit pS reste également constant dans cet intervalle.

Autrement dit : *la loi des gaz s'applique aux solutions superficielles pour une détente allant depuis* 2 *fois jusqu'à* 28 *fois la surface de la couche saturée, c'est-à-dire de la couche formée d'un seul lit de molécules jointives.*

OPTIQUE. — *Les spectres lumineux de l'azote solidifié et leur application aux aurores boréales et à la lumière diffuse du ciel nocturne.* Note de M. L. **Vegard**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note précédente (¹) j'ai donné des résultats obtenus à Leyde concernant le spectre, essentiellement analogue à celui de l'aurore boréale, émis par l'azote solidifié bombardé avec des rayons cathodiques de faible vitesse. Depuis lors les expériences ont été continuées à Leyde et de nombreuses données ont été obtenues. Quelques-uns seulement de ces résultats peuvent être publiés dans la présente Communication.

Plusieurs des spectrogrammes obtenus avec un appareil à grande dispersion montrent que la bande N_1 a trois maxima, dont l'un intense et les deux autres faibles. Leur position varie quelque peu avec les conditions expérimentales. Une de mes plaques donne pour le maximum intense $\lambda = 5555$

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1153. Plus complètement dans les *Proc. Roy. Akad.*, Amsterdam, t. 27, nos 1 et 2. Leyden, communication no 168 *d*.

et pour les maxima faible 5611 et 5649. La bande N_2 paraît encore, avec cette plus grande dispersion, comme une seule ligne diffuse ($\lambda = 5229,4$).

Une couche d'argon solide contenant des traces d'azote donne N_2 et surtout N_1 avec grande intensité; seulement dans ce cas N_1 est moins large et le maximum principal a une longueur d'onde de 5604. *Ainsi pour des concentrations différentes d'azote le maximum principal oscille dans l'intervalle* $\lambda = 5555$ *et* 5604, *contenant la ligne de l'aurore boréale en son milieu.*

Le déplacement du maximum principal suit approximativement la relation $\lambda_0 - \lambda_p = \frac{p}{100}(\lambda_0 - \lambda_{100})$ où λ_p est la longueur d'onde correspondant au pourcentage p, tandis que λ_0 et λ_{100} forment les limites de l'intervalle.

Le rétrécissement des bandes de l'azote provenant d'une couche d'argon contenant des traces d'azote indique que les *bandes diminuent en largeur, indépendamment de la température, lorsque les particules d'azote deviennent plus petites. La ligne de l'aurore* (5577) *est la forme limite de la bande* N_1 *lorsque les cristaux d'azote, existant dans l'espace, sont réduits aux dimensions moléculaires.*

En abaissant la température de 20 à 14° K, par la réduction de la pression des vapeurs d'hydrogène, on ne constate aucune contraction de la bande N_1. Les variations de la température semblent donc n'avoir aucune influence sur la largeur de la bande, ce qui concorde avec le fait que la ligne de l'aurore reste fine jusqu'à la limite inférieure de l'aurore boréale.

L'azote solide, bombardé avec des rayons cathodiques à faible vitesse, a donné dans l'ultraviolet aussi les mêmes têtes de bande positives que celles trouvées dans le spectre de l'aurore. Dans le rouge également j'ai observé aux environs de la couche congelée deux bandes caractéristiques, qui sont aussi obtenues dans le spectre de l'aurore.

Exposé à des rayons positifs de N, He et H, l'azote solide émet les deux bandes N_1 et N_2 avec la même structure que pour les rayons cathodiques. Dans le bleu et le violet, cependant, une série de bandes diffuses apparaissent prédominantes.

Donc le spectre excité par les rayons canaux sur l'azote tant solide que gazeux est essentiellement différent du spectre de l'aurore, et conséquemment *l'aurore doit être produit pour la plus grande part par des rayons cathodiques.*

L'effet produit par des rayons cathodiques pénétrants, correspondant à une distance explosive de 5^{mm}, est particulièrement brillant. Il donne des

bandes N_1 et N_2 très intenses et une série de bandes diffuses analogues à celles obtenues avec des rayons canaux, mais beaucoup plus faibles.

Ces bandes des rayons positifs se concentrent aussi en des lignes assez bien définies, par l'emploi d'une couche d'argon contenant des traces d'azote. Dans le spectre visible elles forment deux paires ($\lambda = 4523$, 4473 et 4236, 4211). *Sans doute ces bandes constituent un stade d'évolution des bandes observées par Lord Rayleigh dans la lumière diffuse nocturne.* Ceci signifie que cette lumière diffuse provient de rayons canaux relativement lents ou peut-être de rayons cathodiques très rapides.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau mode de production des radiations comprises entre l'ultraviolet et les rayons X.* Note de MM. **G. Reboul** et **Bodin**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une série de Notes précédentes [1], l'un de nous a montré qu'un conducteur très résistant, de constitution hétérogène, traversé par un courant électrique, est le siège d'émission d'un rayonnement très absorbable, capable d'ioniser les gaz, que sa longueur d'onde situe entre l'ultraviolet et les rayons X. Dans ces expériences les cellules à rayonnement étaient simplement formées par des feuilles de papier que l'on faisait traverser par un courant au moyen de tensions convenables.

L'explication théorique est fort simple si l'on admet que l'émission est due à la variation de vitesse qu'éprouvent les électrons en franchissant une brusque chute de potentiel. Cette hypothèse amène d'ailleurs tout naturellement à réaliser des cellules à rayonnement dont la constitution chimique ou physique peut varier à l'infini.

I. Les cellules que nous avons essayées sont formées par des pastilles de composés chimiques préalablement pulvérisés. Ces pastilles de $1^{cm},3$ de diamètre et de $0^{cm},5$ à 1^{cm} d'épaisseur sont placées entre deux électrodes reliées aux bornes d'une batterie de petits accumulateurs; l'une de ces électrodes forme ressort, l'autre est constituée par une grille métallique; au delà de cette grille, le gaz est ionisé, les mesures de cette ionisation permettent d'étudier le rayonnement émis par la cellule et notamment d'en mesurer les coefficients d'absorption. L'appareil et les expériences sont du reste identiques à ceux qui ont été décrits au *Journal de Physique* [2], les

[1] G. Reboul, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1502; t. 172, 1921, p. 210; t. 173, 1921, p. 1162; t. 174, 1922, p. 1452.

[2] G. Reboul, *Journal de Physique*, 6e Série, t. 3, 1922, p. 341.

feuilles de papier des cellules étant remplacées par des pastilles de sels métalliques ou de composés variés.

II. L'émission du rayonnement dépend essentiellement de la nature du composé employé : constitution chimique, grosseur du grain de la poudre transformée en pastille, etc. Il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation nette entre l'intensité du rayonnement et la constitution chimique des composés essayés (nature du métal ou du radical, valence).

Voici, à titre d'exemple, quelques-uns des résultats obtenus :

Nature du composé.	Tension à la cellule (volts).	Intensité du rayonnement (unité arbitraire).
Sulfate mercureux	540	5000
Sulfate mercurique	540	3750
Bioxyde de mercure (jaune)	540	270
Protoxyde de mercure	540	250
Iodure mercureux	270	5
Iodure mercurique	2430	0
Sulfure mercurique	1800	170
Sulfure mercureux	90	5
Sulfate de cuivre	540	230
Bioxyde de cuivre	2430	0
Chlorure cuivreux	1260	250
Carbonate de cuivre	2430	0
Sulfate ferrique	540	230
Sesquioxyde de fer	2430	0
Chlorure ferreux (anhydre)	2430	0
Oxyde stanneux	540	3000

La décharge disruptive limite souvent les tensions que l'on peut appliquer aux électrodes des cellules. Pour un même composé, l'intensité du rayonnement émis dépend essentiellement de la tension à la cellule, et pour certains corps des variations de quelques volts dans cette tension produisent des variations énormes de l'intensité de rayonnement.

Naturellement l'intensité, d'ailleurs très faible, du courant qui traverse les cellules intervient également et une augmentation de l'intensité de ce courant est accompagnée, pour un corps donné, d'une augmentation de l'intensité du rayonnement émis. Il est cependant à noter que les pastilles de sels dont la résistance est la plus faible, par conséquent celles que traversent les courants les plus intenses, sont celles qui émettent le moins.

III. L'étude des coefficients d'absorption par l'air du rayonnement émis donne des résultats du même ordre pour les diverses cellules, ces résultats

étant d'ailleurs identiques à ceux qu'ont donnés précédemment les cellules à feuilles de papier; on a trouvé pour ces coefficients des valeurs variant entre 9 et 15 cm^{-1}.

Les valeurs des coefficients d'absorption que donne l'expérience diminuent à mesure que l'on s'éloigne de l'électrode grille de la cellule; il paraît probable que l'on a affaire à un rayonnement complexe; des couches gazeuses plus ou moins épaisses permettant de tamiser et de séparer les radiations qui le forment, les plus pénétrantes de ces radiations allant naturellement le plus loin.

PHYSIQUE. — *Sur la définition générale de la correspondance entre onde et mouvement.* Note de M. **Louis de Broglie**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Comme nous l'avons montré dans des travaux antérieurs [1], on obtient une vue intéressante des phénomènes de quanta en supposant qu'au mouvement de tout point matériel est liée la propagation d'une onde plane dont la fréquence ν est égale au quotient par la constante de Planck h de l'énergie totale E du mobile.

Du point de vue de la Relativité, cet énoncé n'est pas satisfaisant parce que tout énoncé correct doit s'exprimer par des relations entre tenseurs d'Univers. Le mouvement du mobile est caractérisé par son tenseur énergie-quantité de mouvement; la propagation d'une onde plane l'est par un tenseur dont la composante de temps est la fréquence et les composantes d'espace celles d'un vecteur porté suivant la normale à l'onde et ayant pour grandeur $\frac{\nu}{V_n}$, où V_n est la vitesse de la phase dans cette direction (vitesse normale). Tandis que l'énergie totale est la somme des énergies cinétique et potentielle, la quantité de mouvement est la somme *géométrique* du vecteur $\frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\beta^2}}$ et d'un autre vecteur dont l'existence est liée à l'action du champ magnétique sur une charge en mouvement.

Nous proposons de prendre pour définir l'onde de phase l'énoncé suivant : « Le tenseur caractéristique de cette onde s'obtient en multipliant par h le tenseur énergie-quantité de mouvement du mobile. »

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 507, 548 et 630; *Phil. Mag.*, t. 47, 1924, p. 446.

Cette hypothèse conduit aux deux égalités :

$$E = h\nu, \qquad G_r = \frac{h\nu}{V_r} = \frac{E}{V_r}\ (^1),$$

où G_r et V_r sont respectivement la quantité de mouvement suivant la tangente à la trajectoire du mobile et la vitesse de phase de l'onde dans cette direction (vitesse radiale) (²). La deuxième égalité a pour conséquences immédiates l'identité des principes de Maupertuis et de Fermat et l'interprétation des conditions de Bohr comme conditions de résonance.

Il résulte aussi de cette hypothèse d'une façon tout à fait générale que la vitesse v du mobile sur sa trajectoire est à chaque instant égale à la vitesse de groupe U_r des ondes de phase dans cette direction. Choisissons en effet pour axe des x la tangente à la trajectoire à l'instant considéré. La première équation du premier groupe de Hamilton donne

$$\frac{dx}{dt} = v = \frac{\partial E}{\partial G_n} = \frac{\partial \nu}{\partial\left(\frac{\nu}{V_r}\right)} = U_r.$$

Dans une Note récente (³), L. Brillouin a montré que l'on pouvait retrouver les lois de la réflexion et de la réfraction par application du principe de Maupertuis aux quanta de lumière à condition d'admettre que la quantité de mouvement du quantum est toujours égale à son énergie $h\nu$ divisée par la vitesse de la phase. Dans un milieu réfringent, la réaction du milieu sur le quantum doit, quelle que soit sa nature exacte, se traduire en moyenne par l'existence d'une énergie potentielle du quantum et peut-être d'une composante de la quantité de mouvement de la seconde espèce. Mais, d'après notre postulat général, l'équation $G_r = \frac{h\nu}{V_r}$ doit rester vérifiée, ce qui concorde avec la condition énoncée par L. Brillouin.

(¹) Dans le cas du mouvement du point matériel libre, on retrouve $V = \frac{c}{\beta}$ (voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 507).

(²) Il n'y a lieu de distinguer la vitesse radiale V_r de la vitesse normale V_n que s'il s'agit d'une particule chargée se déplaçant dans un champ magnétique.

(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1696.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibre dans les doubles décompositions salines en solution aqueuse.* Note de M. **Lemarchand**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Au cours des recherches entreprises en vue de déterminer la loi numérique de l'équilibre, dans les doubles décompositions salines, Malaguti (¹) utilisa la précipitation des solutions aqueuses par addition d'un grand excès d'alcool ou d'alcool éthéré : dans le cas où deux des sels sur les quatre présents à l'équilibre sont insolubles dans l'alcool, l'analyse du précipité permet de déterminer la proportion de chacun des sels en présence : on admet que la dilution dans l'alcool ne modifie pas la répartition des acides entre les bases et que le précipité représente bien l'état des combinaisons dans la solution aqueuse, point contestable, comme nous allons le montrer.

Nous étudierons dans ce but l'équilibre résultant de l'action de l'oxalate d'ammonium sur le chlorure de magnésium et réciproquement.

La solubilité des deux oxalates est très faible dans les mélanges alcool-éther : les valeurs extrêmes oscillent entre 0,036 à 0,0036 pour 1000 pour l'oxalate de magnésium. Ce sel peut être obtenu facilement en solution sursaturée par l'action de l'acide oxalique sur la magnésie à basse température. Voici les conditions d'opérations des deux expériences :

$C^2O^4(NH^4)^2.H^2O$.	$MgCl^2$.	Volume de solution.	Alcool absolu.	Éther anhydre.
$1^g,3256$	$0^g,906$	100^{cm^3}	300^g	600^g
$1^g,3404$	$0^g,906$	100^{cm^3}	236^g	664^g

La proportion de MgO introduite était $0^g,383$. J'ai recueilli respectivement $0^g,3715$ et $0^g,3723$ de MgO dans le précipité insoluble, soit 98 pour 100 de la magnésie mise en expérience. On devrait en conclure, tenant compte de la solubilité propre du sel dans le mélange alcoolique, que la réaction

$$C^2O^4(NH^4)^2 + MgCl^2 \rightarrow C^2O^4Mg + 2NH^4Cl$$

s'est opérée intégralement, si l'hypothèse de Malaguti est exacte.

Pour chercher à contrôler cette hypothèse, nous nous sommes proposé d'en vérifier la conséquence suivante.

Une solution d'oxalate de magnésium, en agissant sur une solution de NH^4Cl, ne doit pas produire de phénomène thermique observable.

(¹) Malaguti, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. 37, 1853, p. 198.

La mesure de la quantité de chaleur mise en jeu est délicate; parce que les doubles décompositions entre sels d'acides et de bases fortes sont accompagnées de phénomènes thermiques très faibles.

Voici le résultat des mesures faites :

	C^2O^4Mg utilisé dans l'expérience.			NH^4Cl utilisé.				Température		
Exp.	Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Température du thermostat.	moyenne du mélange avant réaction.	minimum observée pendant la réaction.	Différences de température.
9.	$23^{g},22$	500^{cm^3}	$5^{\circ},470$	$23^{g},3$	100^{cm^3}	$5^{\circ},621$	$3^{\circ},30$-$3^{\circ},50$	$5^{\circ},500$	$5^{\circ},445$	$-0,055$
10.	$19^{g},65$	500^{cm^3}	$4^{\circ},110$	$23^{g},3$	$104^{cm^3},2$	$4^{\circ},360$	$4^{\circ},50$	$4^{\circ},151$	$4^{\circ},100$	$-0,051$

Les chaleurs de dilution de l'oxalate de magnésium et du chlorure d'Am furent exécutées dans les mêmes conditions :

C^2O^4Mg utilisé.			Eau distillée.			Température	
Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Poids.	Température.	Température du thermostat.	moyenne du mélange avant la réaction.	minimum observée pendant la réaction.
$19^{g},00$	500^{cm^3}	$5^{\circ},950$	100^{g}	$6^{\circ},082$	$4^{\circ},40$	$5^{\circ},972$	$5^{\circ},950$

NH^4Cl utilisé.			Eau distillée.			Température	
Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Poids.	Température.	Température du thermostat.	moyenne du mélange avant la réaction.	minimum observée pendant la dilution.
$23^{g},3$	100^{cm^3}	$4^{\circ},525$	500^{cm^3}	$4^{\circ},745$	$4^{\circ},20$	$4^{\circ},710$	$4^{\circ},515$

Toutes corrections effectuées, les expériences précédentes conduisent aux chiffres suivants :

	Quantités de chaleur.				
	Mesurée dans l'action	Dilution de		Réellement due à l'action	Chaleur moléculaire
Exp.	$MgC^2O^4+2NH^4Cl$.	NH^4Cl.	MgC^2O^4.	$MgC^2O^4+2NH^4Cl$.	de réaction.
9...	-34^{cal}	$-120^{cal},9$	$-16^{cal},5$	$-137^{cal},4$	$+500^{cal}$
10...	$-31^{cal},6$	-118^{cal}	-14^{cal}	-132^{cal}	$+574^{cal}$

Des mesures semblables furent faites pour déterminer la chaleur de réaction du couple inverse

$$C^2O^4\overline{NH^4}^2 + MgCl^2$$

en se plaçant dans les mêmes conditions de température. Voici les conditions d'expériences ainsi que les résultats obtenus :

$C^2O^4Am^2$ utilisé dans l'expérience.			$MgCl^2$ utilisé dans l'expérience.				Température		
Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Température du thermostat.	moyenne du mélange avant la réaction.	minimum observée pendant la réaction.	Différences de température.
10^g	500^{cm^3}	5°,215	$9^g,2$	100^{cm^3}	5°,28	5°,12-5°,20	5°,224	5°,214	−0°,010
$9^g,9$	500^{cm^3}	2°,503	8°,82	100^{cm^3}	2°,485	2°, 4-2°,6	2°,500	2°,500	0°,000

Chaleur de dilution.

$C^3O^4Am^2$ utilisé dans l'expérience.			Eau utilisée dans l'expérience.			Température		
Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Poids.	Température.	Température du thermostat.	moyenne du mélange avant la réaction.	minimum observée pendant la réaction.	Différences de température.
10^g	500^{cm^3}	5°,20	100^g	5°,215	5°,12-5°,20	5°,203	5°,188	−0°,015
$9^g,9$	500^{cm^3}	2°,425	100^g	2°,425	2°,4 -2°,6	2°,425	2°,425	0°,000

$MgCl^2$ employé dans la réaction.			Eau employée dans la réaction.			Température		
Poids.	Dissous dans	Température de la solution.	Poids.	Température de l'eau.	Température du thermostat.	moyenne du mélange avant la réaction.	maximum observée pendant la réaction.	Différences de température.
$9^g,2$	100^{cm^3}	5°,150	500^g	5°,150	5°,12-5°,20	5°,150	5°,185	0°,035
$8^g,82$	100^{cm^3}	2°,479	500^g	2°,504	2°,4 -2°,6	2°,501	2°,533	0°,032

Calcul des résultats.

Quantité de chaleur (variation de température).				
Mesurée dans l'action	Dilution.			
$C^2O^4Am^2+MgCl^2$.	$C^2O^4Am^2$.	$MgCl^2$.	Uniquement due à la réaction $C^2O^4\overline{NH^4}^2+MgCl^2$.	Moléculaire de réaction.
−0,010	−0,015	0,035	$-0,030 \times 602^g = -18^{cal}$	-281^{cal}
0,000	0,0004	0,0325	$-0,0329 \times 602^g = -19^{cal},8$	-270^{cal}

Ainsi les deux couples inverses

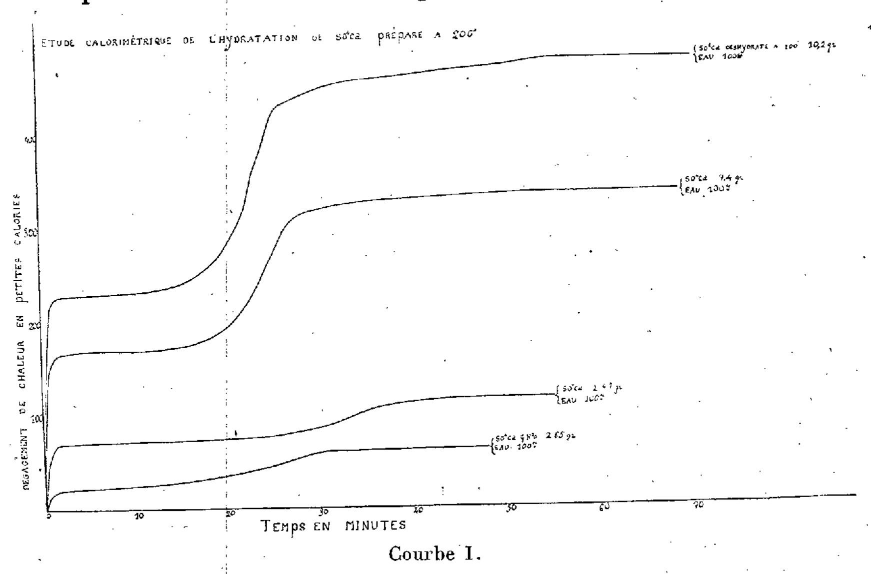
$$C^2O^4Mg + 2NH^4Cl \rightleftharpoons C^2O^4\overline{NH^4}^2 + MgCl^2$$

en réagissant pour arriver à l'état d'équilibre mettent en jeu, le premier 537^{cal}, le second 270^{cal}, dont le total est de 807^{cal}. La réaction s'effectue donc de gauche à droite dans la proportion de 66,5 pour 100.

Ces résultats calorimétriques sont en contradiction absolue avec les résultats obtenus par la méthode de Malaguti, qui accuse une transformation nulle. La précipitation complète du magnésium à l'état d'oxalate est déterminée par l'insolubilité de ce sel dans la liqueur éthéro-alcoolique et ne donne aucune indication sur l'état des sels en solution aqueuse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes thermiques qui accompagnent la prise du plâtre.* Note de M. **L. Chassevent**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans des Notes précédentes [1] nous avons précisé en quelques points l'action de l'eau sur les différents produits de calcination du gypse. Les résultats que nous avons publiés ont été obtenus avec une quantité de sulfate de calcium, petite par rapport au poids d'eau utilisé, alors que le phénomène industriel de la prise a lieu en présence d'une masse considérable de produit solide. Nous avons étudié dans les mêmes conditions expérimentales les dégagements de chaleur dus à l'hydratation du plâtre. Une étude analogue a déjà été publiée par M. Cloez [2] qui a mesuré, en fonction du temps, le dégagement de chaleur pendant la prise du plâtre en masse. Nous avons repris ces mesures en vue de séparer les diverses réactions qui ont lieu au cours de la prise.



Courbe I.

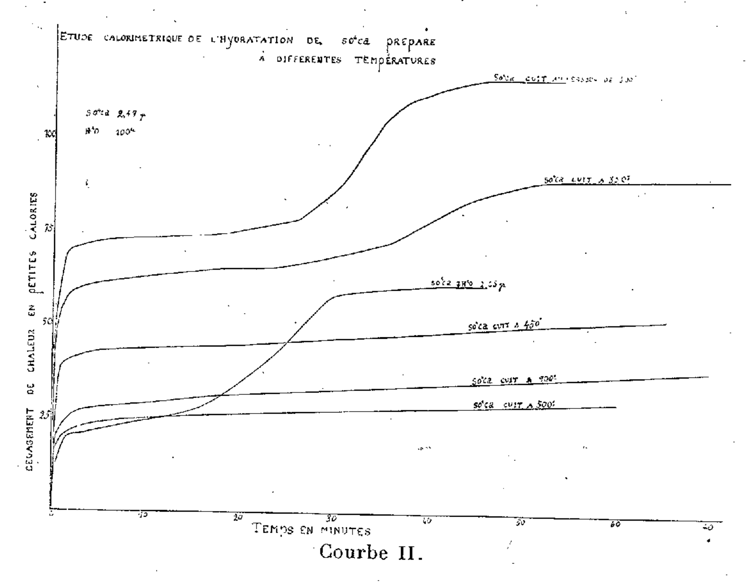
Nous avons étudié : 1° le dégagement de chaleur dû à l'hydratation du sulfate anhydre préparé à 200° en fonction du poids de matière et du temps (courbe I).

---

(1) Jolibois et Chassevent, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 113; t. 178, 1924, p. 1543.

(2) Cloez, *Bulletin Société chimique*, t. 29, 1903, p. 171.

2° Le dégagement de chaleur dû à l'hydratation du sulfate anhydre préparé à diverses températures (courbe II).



Courbe II.

3° Le dégagement de chaleur dû à l'hydratation du semi-hydrate.

On peut déduire des courbes ci-dessus les conclusions suivantes :

Le dégagement de chaleur se produit en deux temps, le premier est dû à l'hydratation du sel anhydre en $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ et à la formation de la solution saturée de ce corps, le second est dû à la cristallisation de $SO^4Ca.2H^2O$ et à la dissolution d'une nouvelle quantité de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ devenu possible par suite de la cristallisation ; mais cette fois le phénomène se produisant en présence de germes de $SO^4Ca.2H^2O$ la transformation de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ a lieu sans interruption; en effet la dissolution de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ cristallise, grâce à cette présence de germes, au fur et à mesure qu'elle se forme.

On voit sur les courbes II que, pour des températures de cuisson comprises entre 300 et 500°, le phénomène est d'autant plus lent que le plâtre a été chauffé à plus haute température [1].

L'étude calorimétrique du semi-hydrate nous a conduit à conclure que la

---

(1) Les différences d'allure des courbes obtenues pour des températures de cuisson supérieures à 500° ne peuvent donner lieu à aucune interprétation vu le faible dégagement de chaleur et la grandeur des corrections. Le dégagement de chaleur obtenu après 5 minutes d'agitation est sensiblement le même pour du SO^4Ca cuit à 500°-700°, 800° et 900°.

préparation de ce corps dans la vapeur d'eau (¹) ne permet pas de l'obtenir exempt de germes cristallins de $SO^4Ca.2H^2O$, la cristallisation du gypse commençant dès l'addition d'eau (courbe I). Il en est tout autrement si l'on prépare le semi-hydrate en laissant de la vapeur d'eau atmosphérique se combiner à du plâtre anhydre jusqu'au poids correspondant à $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$, la forme de la courbe redevient sensiblement la même que celle du plâtre anhydre indiquant l'absence de germes de $SO^4Ca.2H^2O$ lors de l'addition d'eau.

Bien que ces phénomènes thermiques soient superposés deux à deux, nous avons déduit des mesures thermiques, au moyen de calculs simples, les valeurs suivantes que l'on peut comparer avec les résultats obtenus par M. de Forcrand [2] par des mesures directes :

Chaleur de transformation SO^4Ca en $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$	2770^{cal}
Chaleur de dissolution $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ à 19°	3400^{cal}
Chaleur de cristallisation $SO^4Ca.2H^2O$ à 19°, résultats compris	entre 400^{cal} et 700^{cal}

Résultats de M. de Forcrand :

Chaleur de dissolution de $SO^4Ca.0,49H^2O$ à 10°	3560^{cal}
Chaleur de dissolution de $SO^4Ca.0,06H^2O$ à 10°	5655^{cal}
Chaleur de cristallisation de $SO^4Ca.2H^2O$ à 10°, calculé	— 690

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un effet de protection des suspensions réalisé par l'addition d'électrolytes en quantités trop faibles pour entraîner la floculation.* Note [3] de M. A. **Boutaric** et de Mlle G. **Perreau**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. L'addition de quantités suffisantes d'un électrolyte à une solution colloïdale ou à une suspension détermine une évolution qui entraîne la séparation, généralement sous forme de flocons, des particules constituant la phase dispersée. Cette évolution peut être suivie par des mesures photométriques. L'absorption exercée par le mélange sur un faisceau monochromatique croît à partir du moment où l'électrolyte est introduit, d'abord rapidement puis de moins en moins vite ; elle atteint une valeur limite et

(¹) Jolibois et Lefebvre, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1317.
(²) de Forcrand, *Bulletin de la Société chimique*, t. 35, 1906, p. 781.
(³) Séance du 30 juin 1924.

peut demeurer invariable pendant un temps plus ou moins long suivant les conditions de l'expérience. Lorsque l'opacité limite est réalisée, la suspension est instable ; la séparation des flocons peut se produire instantanément sous des influences très légères (agitation, fumée, étincelles électriques, etc.). On peut donc prendre comme mesure précise de la durée d'évolution de la solution colloïdale le temps que met le mélange à atteindre l'opacité limite (¹).

2. La vitesse de floculation d'une solution colloïdale ou d'une suspension dépend, non seulement des concentrations en colloïde ou en électrolyte existant dans le mélange, mais encore de la manière dont la concentration en électrolyte a été réalisée.

a. Pour un volume total déterminé, contenant des masses déterminées de colloïde et d'électrolyte, la vitesse de la floculation diminue généralement à mesure que décroît la concentration sous laquelle l'électrolyte est introduit dans le sol, et atteint une limite pour une certaine dilution. C'est ce que nous avons vérifié sur la floculation des suspensions de gomme-gutte et de résine mastic au moyen de la technique utilisée antérieurement par A. Boutaric et Vuillaume (²) sur le sulfure d'arsenic.

b. A 25^{cm^3} d'un sol initial A ajoutons 25^{cm^3} d'une solution électrolytique contenant une masse m_1 d'un électrolyte insuffisante pour déterminer la floculation du colloïde ; nous obtenons un mélange de colloïde et d'électrolyte que nous appellerons solution préparée B_1. Réalisons de même des solutions préparées B_2, B_3, ... contenant, dans les mêmes conditions, des masses m_2, m_3 du même électrolyte. Nous appellerons solution B_0 un mélange de 25^{cm^3} du sol initial A et de 25^{cm^3} d'eau.

A 50^{cm^3} de la solution B_0 ajoutons 50^{cm^3} d'une solution électrolytique contenant une masse M de l'électrolyte ayant servi à obtenir les solutions préparées B_1, B_2, B_3, de manière à déterminer une évolution du colloïde d'une durée facilement mesurable t_0. Ajoutons de même à 50^{cm^3} des solutions préparées B_1, B_2, B_3, 50^{cm^3} de solution électrolytique, renfermant des masses du même électrolyte, respectivement égales à $M\text{-}m_1$, $M\text{-}m_2$, $M\text{-}m_3$, et déterminons les durées t_1, t_2, t_3 des évolutions correspondantes.

Dans tous les cas étudiés, la durée d'évolution, dans les conditions précédentes, des colloïdes préparés B_1, B_2, B_3 est inférieure ou au plus égale à celle du colloïde B_0 ; l'écart augmente généralement avec l'intervalle de

(¹) Boutaric et Vuillaume, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1293.
(²) Boutaric et Vuillaume, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 229.

temps θ qui s'est écoulé entre l'instant où l'on a effectué les mélanges B_0, B_1, B_2, B_3, et celui où l'on a déterminé leur floculation. C'est ce que nous avons obtenu sur des suspensions de résine mastic et de gomme-gutte floculant par KCl, $BaCl^2$, H^2SO^4. L'effet est beaucoup moins net sur les sols de sulfure d'arsenic : la différence entre les valeurs de t_0 et celles de t_1 ou de t_2 est nulle ou très faible.

3. Nous avons étudié comment se comportent les solutions B_0, B_1, B_2, B_3 quand on leur ajoute, dans les mêmes conditions, d'*égales quantités* de l'électrolyte ayant servi à les préparer. Nous avons observé sur les suspensions de résine mastic et de gomme-gutte ce résultat surprenant que les solutions préparées B_1, B_2, B_3 floculent plus lentement que la solution B_0 : l'électrolyte introduit dans les solutions B_1, B_2, B_3 les a protégées contre l'addition de nouvelles quantités du même électrolyte. C'est ce qu'établissent nettement les résultats consignés dans le tableau suivant relatif à la floculation d'une suspension de gomme-gutte par H^2SO^4. Nous avons observé des résultats analogues sur les suspensions de résine mastic et de gomme-gutte pour les électrolytes les plus divers : H^2SO^4, HCl, KCl, $BaCl^2$, $MgCl^2$, $MnCl^2$. L'effet de protection est nul dans la plupart des cas pour les sols de sulfure d'arsenic.

TABLEAU.

Solution B_0 : 25^{cm^3} de la suspension A (renfermant $1^g,336$ de gomme-gutte par litre) et 25^{cm^3} d'eau.

Solution B_1 : 25^{cm^3} de la suspension A et 25^{cm^3} d'une solution renfermant $1^{cm^3},5$ de $H^2SO^4 \frac{N}{100}$.

Solution B_2 : 25^{cm^3} de la suspension A et 25^{cm^3} d'une solution renfermant $3^{cm^3},5$ de $H^2SO^4 \frac{N}{100}$.

Solution B_3 : 25^{cm^3} de la suspension A et 25^{cm^3} d'une solution renfermant 5^{cm^3} de $H^2SO^4 \frac{N}{100}$.

A 50^{cm^3} des solutions précédentes on ajoute 50^{cm^3} d'une solution renfermant 35^{cm^3} de $H^2SO^4 \frac{N}{100}$.

θ représente l'intervalle de temps écoulé entre l'instant où l'on a fait la mesure et celui où ont été effectués les mélanges B_0, B_1, B_2, B_3.

	θ.		
	0.	24 heures.	4 jours.
t_0	10 min.	12 min.	12 min.
t_1	12 min.	30 min.	40 min.
t_2	20 min.	44 heures	ne flocule pas
t_3	60 min.	> 8 jours	»

4. Nous avons également étudié comment se comportent les solutions B_0, B_1, B_2, B_3, ..., quand on leur ajoute d'égales quantités d'un électrolyte quelconque différent de l'électrolyte E qui a servi à les préparer. La présence dans ces solutions de l'électrolyte E exerce une protection vis-à-vis de la floculation déterminée par certains électrolytes E′, E″, ..., mais accélère au contraire la floculation déterminée par certains autres électrolytes E_1, E_2, ... Ainsi une suspension de gomme-gutte traitée par KCl est protégée contre la floculation par $BaCl^2$, NaCl; au contraire la floculation par H^2SO^4 ou HCl est accélérée.

5. Dans cette Note, nous nous sommes contentés de rapporter quelques-uns des nombreux résultats expérimentaux que nous avons obtenus. Nous nous réservons de revenir sur leur interprétation. Ces phénomènes de protection, on serait tenté d'écrire de vaccination, que l'introduction préalable de très faibles quantités d'un électrolyte exerce contre la floculation provoquée par de grandes quantités du même électrolyte, nous semblent susceptibles de présenter quelque intérêt pour l'interprétation des nombreux phénomènes de floculation qui, d'après les théories de M. Auguste Lumière, se produisent constamment chez les êtres vivants. Peut-être aussi pourrait-on leur trouver quelques applications dans les industries chimiques où interviennent des solutions colloïdales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrométrique de l'hydrolyse des sels.* Note (1) de M. **P. Job**, présentée par M. Georges Urbain.

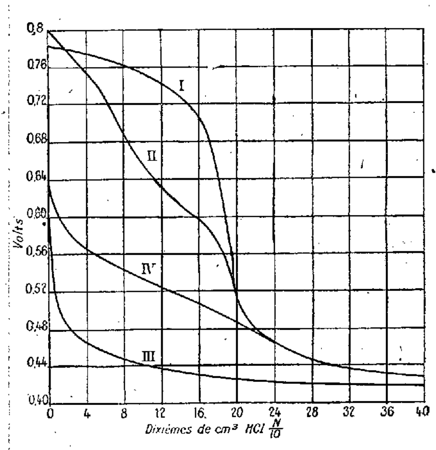
Dans une précédente Communication (2), j'ai montré comment la mesure de la concentration des ions H^+ d'une solution d'un sel roséocobaltique, traitée progressivement par la baryte, permet d'étudier l'hydrolyse de ce complexe. Cette méthode peut être appliquée à l'étude de l'hydrolyse d'un

(1) Séance du 30 juin 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 943.

sel quelconque de base faible soluble. De même on peut mesurer l'hydrolyse d'un sel d'acide faible, en le traitant progressivement par l'acide chlorhydrique.

Si l'on veut se rendre compte du mécanisme de l'hydrolyse, il est nécessaire de la mesurer dans des conditions de concentration en sel aussi variables que possible. Mais on est limité, du côté des fortes dilutions par la faiblesse de l'hydrolyse, et du côté des petites dilutions par la difficulté d'interpréter les résultats dès que l'on ne peut plus appliquer la théorie des ions. L'étude du déplacement de l'hydrolyse, sous l'action d'un acide fort ou d'une base forte, n'élargit sans doute pas le champ des variations possibles de la concentration du sel employé, mais elle permet d'observer des concentrations en ions H^+ extrêmement variables (dans la proportion de 1 à 10^6, par exemple). Du point de vue quantitatif, ce résultat est très précieux, mais il est même intéressant du seul point de vue qualitatif. Une expérience suffit, en effet, pour construire une courbe dont le simple examen peut donner des indications très nettes sur le mécanisme de l'hydrolyse.

La figure ci-dessous donne, à titre d'exemple, les courbes relatives au borax et au



I. $B^4O^7Na^2$ $\frac{1}{1000}$ mol par litre. II. $P^2O^7Na^4$ $\frac{1}{1000}$ mol par litre.

III. Eau sans addition de sel. IV. CH^3CO^2K $\frac{1}{500}$ mol par litre.

pyrophosphate de sodium en solution millimoléculaire, comparées aux courbes de l'acétate de potassium $\frac{N}{500}$ et de l'eau. Le borax et le pyrophosphate présentent une hydrolyse du même ordre de grandeur, mais la nature du phénomène est, dans les

deux cas, essentiellement différente. En effet l'action de l'acide chlorhydrique sur le pyrophosphate se produit nettement en trois phases. La première correspond à l'addition d'une molécule d'acide pour une molécule de sel, c'est-à-dire à la réaction $H^+ + P^4O^{7----} \rightarrow P^4O^7H^{---}$. Cette première acidité est très faible (constante de dissociation K de l'ordre de 3.10^{-9}). La seconde phase correspond à la réaction $P^4O^7H^{---} + H^+ \rightarrow P^4O^7H^{2--}$. Cette seconde acidité est sensiblement plus forte ($K = 10^{-6}$ environ) (1). Enfin lorsque tout le pyrophosphate a été transformé en sel disodique, il se comporte comme un sel neutre : les deux dernières acidités de l'acide pyrophosphorique sont donc des acidités fortes. Le cas du borax est tout différent. On peut interpréter la courbe obtenue, en admettant que l'ion B^4O^7 n'existe qu'en très petite quantité dans la solution; sous l'action de l'eau il se transforme en acide borique et en ion métaborique (BO^{2-} ou BO^3H^{2-}) et c'est l'hydrolyse d'un mélange d'acide borique et de métaborate que l'on observe. Dans cette hypothèse, il est facile de montrer que la constante de dissociation de l'acide borique et de l'ordre de 10^{-9} (2).

Un second avantage de la méthode précédente est de permettre l'étude des sels peu hydrolysés. Si l'on se contentait de mesurer l'hydrolyse d'un de ces sels, sans addition de réactif, les résultats dépendraient essentiellement de la nature de l'eau employée pour le dissoudre. Il est impossible d'obtenir et surtout de conserver une eau rigoureusement pure et neutre, et l'influence d'une petite quantité d'impureté (3) est telle que les mesures seraient illusoires. Dès que, au contraire, on a ajouté à la solution une quantité suffisante d'acide ou de base, l'influence de la nature de l'eau est entièrement éliminée. C'est ainsi que l'on peut étudier l'hydrolyse des sels ammoniacaux ou des acétates alcalins (4). L'expérience montre que cette hydrolyse se produit conformément à la théorie des ions par des solutions de normalité variant de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{30}$ environ et des concentrations en ions H^+ variant de 10^{-7} à 10^{-3} environ pour les acétates, de 10^{-7} à 3.10^{-12} environ pour les sels d'ammonium. Les constantes d'hydrolyse ainsi calculées coïncident, tout ou moins comme ordre de grandeur, avec les valeurs calculées

(1) Ces nombres se rapportent à 16°. Déterminer la constante de dissociation d'un acide faible, ou la constante d'hydolyse de ses sels est, dans la théorie des ions, un seul et même problème.

(2) Ces résultats sont d'accord avec ceux de Menzel, *Zeits. f. physik. Chem.*, t. **100**, 1922, p. 276, et de Prideaux et Ward, *J. Chem. Soc.*, t. **125**, 1924, p. 69.

(3) Gaz carbonique dissous, sels ammoniacaux, silicates alcalins, etc.

(4) C'est un artifice analogue qu'emploie Walpole (*J. Chem. Soc.*, t. **105**, 1914, p. 2501) en étudiant les mélanges d'acétate et d'acide acétique, mais le champ de variation des concentrations en ion hydrogène est moins vaste que dans mes expériences. L'hydrolyse des sels ammoniacaux ne paraît pas avoir encore été étudiée à température ordinaire.

à partir des constantes de dissociation de l'acide acétique ou de l'ammoniaque. La détermination précise de ces constantes et la discussion des résultats feront l'objet d'une publication ultérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Photolyse des iodures organiques. Le seuil photochimique et les énergies de liaison.* Note de MM. **André Job** et **Guy Emschwiller**, présentée par M. Jean Perrin.

En appliquant la loi de l'équivalent photochimique d'Einstein à l'activation des molécules, Jean Perrin et W.-C.-M.-C. Lewis ont précisé la notion de « complément critique » d'énergie; l'un de nous (¹) a montré ensuite comment l'état critique permettra de rapporter l'énergie à la structure et de faire l'étude détaillée des liaisons entre atomes. Pour cela il y a lieu de choisir d'abord des réactions très simples sur lesquelles on puisse déterminer avec certitude les radiations chimiquement actives. Nous avons choisi la décomposition photochimique des iodures organiques.

Nos premières expériences ont porté sur l'iodure d'éthyle. Nous avons fait agir la lumière sur de l'iodure d'éthyle pur dans un système clos et en l'absence totale d'oxygène; dans ces conditions on constate l'apparition d'iode et un abondant dégagement gazeux (²). Le gaz consiste en un mélange d'éthylène, d'éthane, de butane et d'hydrogène, dont la composition moyenne correspond aux données suivantes :

$$C^2H^4 = 53\,\%, \quad C^2H^6 = 36\,\%, \quad C^4H^{10} = 6\,\%, \quad H^2 = 5\,\% \text{ (}^3\text{)}.$$

La présence du butane s'explique bien par l'hypothèse d'une décomposition monomoléculaire (⁴) : $C^2H^5I \rightarrow C^2H^5 + I$, suivie de : $2\,C^2H^5 \rightarrow C^4H^{10}$. L'apparition d'éthylène et d'éthane est un phénomène souvent observé lorsqu'un radical éthyle se trouve mis en liberté; H.-H. Schlubach et

(¹) André Job, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. **33**, 1923, p. 1561-1591.

(²) Hans Stobbe et Paul Schmitt (*Ztschr. f. wiss. Ph., Ph. u. Photochemie*, t. **20**, 1921, p. 57-92) croyaient avoir démontré que l'apparition de l'iode est nécessairement liée à une oxydation et qu'aucun dégagement gazeux ne l'accompagne.

(³) La quantité d'iode libre est inférieure à celle que ferait prévoir le dégagement gazeux; nous avons en effet reconnu la présence de carbures polyiodés.

(⁴) Par analogie avec le cas de l'acide iodhydrique (Bodenstein, *Ztschr. f. phys. Ch.*, t. **22**, 1897, p. 23), nous supposons qu'une réaction bimoléculaire ne se ferait ici que dans l'infrarouge.

E.-C. Goes [1] l'attribuent à un déséquilibre du radical C^2H^5 qui provoque la migration d'un de ses atomes d'hydrogène sur un radical voisin. Cette explication est acceptable, mais nous pensons qu'il y a lieu de la compléter en supposant que cet arrachement d'hydrogène est lié à la présence d'un élément capable de lui servir d'accepteur; il est remarquable, en effet, qu'on ne trouve jamais de carbures éthyléniques dans les gaz issus de la décomposition photochimique des alcools, des aldéhydes, des acides, des cétones, où cependant doivent apparaître des radicaux libres [2]; ainsi la photolyse de l'aldéhyde propylique ne donne ni éthylène ni éthane, mais bien du butane. Dans la photolyse de l'iodure d'éthyle, l'iode jouerait donc le rôle d'accepteur pour un hydrogène du radical éthyle, à l'exemple du fer au cours de la décomposition de l'iodure de fer éthyle [3]. Il se fait de l'éthylène et de l'acide iodhydrique; mais l'acide iodhydrique se décompose à son tour sous l'action de la lumière; l'hydrogène ainsi libéré peut se dégager à l'état gazeux ou bien transformer en éthane une certaine quantité d'éthylène.

On retrouve un mécanisme analogue dans l'action de la lumière sur l'iodure de méthyle pur, à l'abri de l'oxygène. Il y a libération d'iode et dégagement de gaz; ces gaz consistent en un mélange d'éthane, de méthane, d'hydrogène et d'un peu d'éthylène; l'équation eudiométrique du gaz privé de l'éthylène est presque exactement celle du méthane. La décomposition de CH^3I est moins rapide que celle de C^2H^5I; aussi la polymérisation lente des carbures éthyléniques, qui se produit inévitablement sous l'influence des rayons ultraviolets, prend ici une importance plus grande.

Préoccupons-nous maintenant de savoir comment ces recherches peuvent servir à l'étude énergique de l'iodure d'éthyle. Admettons, comme nous l'avons dit, que la réaction primaire est $C^2H^5I \rightarrow C^2H^5 + I$; admettons aussi la structure classique de la molécule d'iodure d'éthyle et représentons-nous l'iode comme lié au carbone par une covalence. Le quantum d'énergie lumineuse qui a détaché l'iode d'une molécule d'iodure d'éthyle a dû porter cette molécule à un niveau énergétique au moins égal au niveau critique. S'il a touché une molécule moyenne et s'il est juste suffisant pour l'amener au niveau critique, ce quantum $h\nu$ sera par définition le « complément critique », et nous pourrons dire qu'il mesure l'énergie de liaison de la covalence C — I.

Nous avons un moyen de trouver cette énergie minimum, c'est de déter-

---

(1) *Berichte der dtsch. ch. Ges.*, t. 55, 1922, p. 2889.

(2) Daniel Berthelot et Henry Gaudechon, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 478.

(3) André Job et René Reich, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1439.

miner dans le spectre le seuil de la réaction photochimique et le quantum correspondant. En déplaçant un tube d'iodure d'éthyle dans le spectre de l'arc au charbon, nous avons pu voir que la réaction apparaît nettement dès qu'on atteint les longueurs d'onde plus courtes que $0^{\mu},41$. Au delà, la réaction croît en intensité d'une façon continue à mesure que la fréquence augmente, et d'ailleurs elle marche alors de pair avec l'absorption [voir les mesures d'absorption de Crymble, Steward et Wright (1)].

Un seul point reste douteux : les molécules que nous avons touchées sont-elles des molécules moyennes ou bien n'ont-elles pas déjà subi un commencement préalable d'activation ? Pour être fixés avec certitude à ce sujet, nous opérerons à de très basses températures afin de diminuer les chances d'activation par les quanta infrarouges. Mais nous avons déjà de sérieuses raisons de penser que le quantum du seuil est très voisin du quantum critique. Le quantum d'énergie de la radiation $0^{\mu},41$ correspondant à 69300 calories-gramme par molécule-gramme, nous dirons que c'est là (peut-être un peu par défaut) l'énergie de la covalence carbone-iode dans l'iodure d'éthyle. Les quanta d'énergie supérieurs, qui brisent aussi les molécules d'iodure d'éthyle, dépassent donc le complément critique, et cela nous avertit que le quantum critique n'est pas forcément situé près d'un maximum d'absorption (2)

Il sera particulièrement intéressant du point de vue atomistique de voir l'influence du reste de la molécule sur cette énergie de liaison C — I. Pour l'iodure de méthyle, nous avons trouvé le même seuil que pour l'iodure d'éthyle ; pour l'iodobenzène, il est de $0^{\mu},40$ (71000 calories). Nous continuons nos recherches dans ce domaine. Mais avant de recueillir d'autres résultats, nous pouvons dès à présent tirer de ces données des conséquences importantes. C'est en effet la première fois qu'on détermine par une mesure directe une énergie de covalence du carbone. Si, comme l'ont fait M. Padoa, A. von Weinberg, K. Fajans, A. von Steiger, nous admettons l'additivité des énergies de covalence dans les carbures saturés et dans leurs dérivés iodés, nous atteindrons, par l'intermédiaire des chaleurs de combustion, l'énergie de covalence de la liaison du carbone au carbone.

(1) *Berichte d. dtsch. ch. Ges.*, t. 43, I, 1910, p. 1183.

(2) Nous avons nous-même (André Job, *loc. cit.*, novembre 1923, p. 1590), à titre de suggestion, établi un rapprochement entre les radiations actives sur l'acétone et un maximum d'absorption, mais nous ne l'avons fait alors que sous toutes réserves. M. Volmar (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 697), qui a reproduit notre procédé de calcul, a donné, croyons-nous, une validité prématurée à nos remarques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles pinacolines.*
Note de MM. **R. Locquin** et **L. Leers**, présentée par M. A. Haller.

Continuant nos recherches sur la déshydratation de quelques nouvelles pinacones [1], nos essais ont porté cette fois sur les glycols du type général $R(CH^3)C(OH) - C(OH)(CH^3)^2$ dans lesquels R représente le radical isopropyle ou isobutyle.

1° Le produit de la déshydratation du triméthylisopropylglycol :

$$(C^3H^7_{iso})(CH^3) - C(OH) - C(OH)(CH^3)^2$$

nous a fourni facilement et abondamment une semicarbazone fondant à 150° qui est celle de la 2.3.3-triméthylpentanone-4 $CH^3 - CH(CH^3) - C(CH^3)^2 - CO - CH^3$ qu'on en régénère très pure ($Eb_{750^{mm}} = 150$-$151°$; $D^0_4 = 0,856$) et transformable en oxime ($Eb_{14\,mm} = 104$-$105°$. P.F. $= 41°$). La constitution de cette cétone est établie par ce fait que l'oxydation nitrique conduit, par perte d'un seul atome de carbone, à l'acide diméthylisopropylacétique $C^7H^{14}O^2$ ($Eb_{12mm} = 104$-105. PF $= 41$-$42°$) dont le chlorure bout de 148 à 150° et l'amide fond à 129°.

D'autre part, des eaux mères de la semicarbazone brute ci-dessus mentionnée nous avons extrait par l'action de l'hydroxylamine (réactif de Crismer) une quantité à peine pondérable d'une autre oxime fondant à 140-141°. Ce point de fusion étant exactement celui qu'ont assigné Nef ainsi que MM. Haller et Bauer [2] à l'oxime de la diméthylpinacoline $(CH^3)^3 \equiv C - CO - CH(CH^3)^2$, qui est isomère de la cétone précédente et qui bout de 133 à 135°, nous avons répété les expériences de MM. Haller et Bauer de façon à pouvoir faire les comparaisons nécessaires. Nous avons ainsi reconnu qu'il y avait effectivement identité entre les deux oximes en question, ce qui indique que, dans la transposition pinacolique envisagée, il s'est fait seulement une trace de diméthylpinacoline à côté d'une très forte proportion de son isomère. Il y a lieu de signaler en outre que, contrairement à son isomère en $- CO - CH^3$, la diméthylpinacoline ne donne que très difficilement et avec des rendements excessivement mauvais une semicarbazone fondant à 132°.

2° Le produit de la déshydratation du triméthylisobutylglycol :

$$(C^4H^9_{iso})(CH^3)C(OH) - C(OH)(CH^3)^2$$

nous a fourni exclusivement une semicarbazone fondant à 133° dont nous avons régénéré la 2.4.4-triméthylhexanone-5

$CH^3 - CH(CH^3) - CH^2 - C(CH^3)^2 - CO - CH^3$ ($Eb_{750mm} = 164$-165; $D^0_4 = 0,845$)

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2095.

(2) Nef, *Lieb. Ann.*, t. 310, 1900, p. 323 et 329, et Haller et Bauer, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 185, puis *Ann. de Chim.*, t. 29, 1913, p. 313 à 349.

conduisant, par oxydation nitrique, à l'acide diméthylisobutylacétique $C^8H^{16}O^2$ ($Eb_{14^{mm}} = 114°$) dont le chlorure bout vers 67° sous 14^{mm} et l'amide fond à 71°. L'oxime de cette même cétone bout à 110-111° sous 14^{mm} et fond à 61°. Ces diverses données différencient très nettement la cétone en question de son isomère la 2.2.5-triméthylhexanone-3 : $(CH^3)^3 \equiv C - CO - CH^2 - CH(CH^3)^2$ (Eb. 157-158°) que MM. Haller et Bauer [1] ont déjà préparé en isopropylant la pinacoline ordinaire et qui leur a fourni une oxime fondant à 77-78°. Nous avons reproduit cette même cétone, assez péniblement d'ailleurs, par condensation du chlorure de pivaloyle avec $C^4H^9_{(iso)} - Z_n - I$ et nous avons en outre constaté que sa semicarbazone, qui se fait également sans difficultés spéciales, fond à 145°.

En résumé, des expériences ci-dessus, jointes à celles qui ont été relatées antérieurement, il résulte que l'on connaît actuellement les résultats auxquels conduit la déshydration de toute la série des pinacones du type

$$R(CH^3)C(OH) - C(OH)(CH^3)^2$$

dans lesquelles R représente successivement les radicaux $C^2H^5 -$, $C^3H^7_{(n)} -$, $C^4H^9_{(n)} -$, $C^5H^{11}_{(n)} -$; $C^3H^7_{(iso)} -$, $C^4H^9_{(iso)} -$ et $C^4H^9_{(tert)} -$.

Dans tous ces cas la transposition s'est effectuée de telle sorte que la formation de la pinacoline $R(CH^3)^2 \equiv C - CO - CH^3$ est, sinon exclusive, toujours largement prépondérante, à tel point qu'il n'a été possible de mettre en évidence la présence d'une quantité d'ailleurs très faible des pinacolines isomères $(CH^3)^3 \equiv C - CO - R$ qu'à partir du triméthylisopropyl- et surtout à partir du triméthylisobutylglycol.

Au point de vue pratique, l'ensemble de nos recherches montre qu'on pourra toujours isoler dans un état de pureté parfaite ces pinacolines en $- CO - CH^3$ en passant par l'intermédiaire de leurs oximes ou mieux de leurs semicarbazones, corps qui, les uns et les autres, sont bien cristallisés et facilement décomposables par ébullition avec une solution concentrée d'acide oxalique.

Au point de vue théorique, les résultats acquis suggèrent les considérations suivantes :

Évidemment l'étude de la déshydratation des pinacones du type envisagé ne permet pas de savoir quel est, du radical CH^3 ou du radical R, celui qui possède la plus grande capacité affinitaire. Il est, en effet, facile de se rendre compte que la pinacoline en $- CO - CH^3$, nécessairement exclusive si l'on suppose la capacité affinitaire du radical R *plus forte* que celle du radical CH^3, est encore logiquement explicable si l'on admet le contraire.

---

(1) Haller et Bauer, *loc. cit.*

Mais si, approfondissant davantage la question, on fait intervenir l'hypothèse selon laquelle la capacité affinitaire des différents radicaux aliphatiques saturés serait en quelque sorte périodique, alternée ([1]), on s'aperçoit promptement que les faits observés ne sont nullement d'accord avec les appréciations et les évaluations numériques de Meerwein.

D'après cet auteur, en effet, le radical $C^3H^7_{iso}$, en particulier, aurait une capacité affinitaire renforcée qui serait approximativement la même que celle du radical CH^3 (exactement les $\frac{8}{10}$) ([2]).

S'il en était réellement ainsi, dans la pinacone

$$C^3H^7_{iso}(CH^3)C(OH) - C(OH)(CH^3)^2,$$

les deux (OH) seraient sensiblement équivalents entre eux et pourraient alors se détacher indifféremment. Par suite, bien qu'il existe trois CH^3 contre un seul C^3H^7 susceptibles d'émigrer, la déshydratation de cette pinacone aurait dû donner une quantité au moins décelable de la pinacoline $(CH^3)^3 \equiv C - CO - C^3H^7_{iso}$ à côté de son isomère

$$C^3H^7_{iso}(CH^3)^2 \equiv C - CO - CH^3,$$

ce que l'expérience n'a pas confirmé.

Bref, il semble que, pour le moment, on doive se contenter de mettre à part le radical CH^3 sans chercher, en ce qui concerne ses homologues, à donner des évaluations numériques qui risqueraient de ne s'appliquer qu'à des cas particuliers. Il est, d'ailleurs, vraisemblable — comme le fait remarquer Meerwein lui-même — que l'influence déterminant le résultat de la transposition est en grande partie attribuable à la différence de stabilité des pinacolines théoriquement possibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Tautomérie de l'ésérine.* Note ([3]) de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une de nos Notes précédentes ([4]), nous avons démontré que l'ésérétholmétine n'était pas une base dés, mais une pseudobase à hydroxyle

---

([1]) Meerwein, *Lieb. Ann.*, t. 396, 1913, p. 223 (en note), et t. 419, 1919, p. 131. Voir aussi Orékhoff, *Revue générale des Sciences*, t. 34, 15 mai 1923, p. 264, et 30 mai 1923, p. 292.

([2]) Meerwein, *Lieb. Ann.*, t. 419, 1919, p. 127.

([3]) Séance du 23 juin 1924.

([4]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 127.

aldolique, qui, d'après notre nouvelle interprétation [1], aurait pour formule

CH^2
OC^2H^5 — CH — CH^2
$CHOH$ — CH^2
NCH^3 — $N(CH^3)^2$

Nous montrions également que cette méthine, traitée par l'alcool absolu en présence de NaC^2H^5O, donnait une base huileuse ($\alpha_D = + 114$), que nous avons considérée comme un alcoolate. Les expériences que nous rapportons ici viennent confirmer notre hypothèse sur la nature de la base et sur celle de son dérivé alcoylé.

La méthine (F. 87°) est dissoute dans l'éther anhydre; la solution, laissée en contact avec des fils de sodium métallique, ne tarde pas à se troubler et à déposer au bout de quelques heures un précipité volumineux, amorphe : sel sodique de la pseudobase, qui, traité par l'eau, se décompose en $NaOH$ et en méthine primitive. Le caractère de l'oxhydrile est ainsi mis en évidence de façon formelle.

Quant à l'alcoolate, nous l'avons transformé par HCl en chlorométhylate d'éséréthol et nous avons déterminé la perte de poids qui résultait de cette opération. Nous l'avons trouvé de 3 pour 100, en accord avec l'équation

$$C^{16}H^{24}ON^2OC^2H^6 + HCl = C^{16}H^{24}ON^2Cl + C^2H^5OH.$$

Nous avons pu en outre caractériser et doser l'alcool éthylique formé, ce qui confirme indiscutablement la nature de ce corps.

Cet alcoolate traité par 2^{mol} de CH^3I, dans l'alcool absolu, donne un diiodométhylate, fondant à 207°, que nous avons identifié avec celui qu'on obtient par l'action de CH^3I en excès sur l'éséréthol, en présence de NaC^2H^5O [2]. La constitution de ce corps, en tant que diiodométhylate d'un alcoolate se trouve ainsi pleinement élucidée. La stabilité du groupement OC^2H^5 dans ces iodométhylates, contrastant avec la facilité que manifeste l'alcoolate lui-même à perdre son alcool, doit provenir du blocage des azotes par les CH^3I.

L'analogie de constitution de notre pseudobase et de son alcoolate avec

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2078.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1813.

les dérivés de la cotarnine nous a incités à rechercher l'action de HCN sur la méthine.

On dissout l'ésérétholméthine ($1^g,12$) dans H^2SO^4 normal (4^{cm^3}) et l'on ajoute KCN ($0^g,27$) en solution aqueuse. Il se forme aussitôt un trouble, et il se dépose une huile incolore, basique, qu'on reprend par l'éther. Stable vis-à-vis des alcalis étendus, cette substance est soluble dans les acides dilués, au contact desquels elle se décompose lentement, en mettant en liberté HCN. α_D (dans l'éther de pétrole) $= -10^o$.

Le dosage de CN concorde avec la formule $C^{16}H^{24}N^2OCN$. Cette cyanésérétholméthine se combine avec CH^3I pour donner un iodométhylate $C^{16}H^{24}N^2O(CN)CH^3I$. Elle se comporte donc comme une base tertiaire, et non comme un cyanure d'éséréthölium, le groupement CN étant fixé à la place de l'OH de la méthine.

CH²
CH — CH²
OC²H⁵ — CHCN — CH²
NCH³ — N(CH³)²

C'est sur ce même groupement $\geq C - OH$, nous l'avons vu ([1]), que porte la réduction de l'ésérétholméthine, et c'est aussi nécessairement au niveau de ce même carbone que s'effectue l'ouverture du cycle basique, lors de la réduction de l'iodométhylate d'ésérine en iodhydrate d'ésériméthine, ainsi que de l'ésérine elle-même en hydroésérine, base secondaire. Or si l'ouverture d'un noyau hétérocyclique par hydrogénation est, comme l'a montré Emde, une réaction fréquemment observée pour un N pentavalent (sels ammoniums quaternaires), on ne s'explique pas facilement une pareille réaction pour un cycle à azote trivalent ([2]) comme celui de l'ésérine base. Aussi nous paraît-il vraisemblable d'admettre que l'ouverture de ce noyau préexiste dans l'ésérine (et respectivement dans l'éséroline et l'éséréthol) et que cette base peut réagir sous différentes formes tautomères

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2078.

([2]) Le seul exemple d'une semblable ouverture par réduction est, à notre connaissance, celle de la phénylhydrothébaïne (Freund et Speyer, *Ber.*, 1916, p. 1287) et encore ne s'opère-t-elle là que par voie catalytique.

en plus de la forme tricyclique ordinaire, base tertiaire (I) ; l'ésérine peut se comporter en effet comme une base secondaire, à chaîne ouverte, soit hydratée (II, forme ésérinol), soit anhydre (III, forme ésérinamine).

I — Ésérine. II ($+ H^2O$) — Ésérinol. III (tautomérie) — Ésérinamine.

Ainsi se trouveraient expliquées les réactions contradictoires qui nous obligeaient à considérer ces diverses bases tantôt comme des bases tertiaires (formation d'iodométhylate), et tantôt comme des bases secondaires [action de CH^3CNO et C^6H^5CNO : isoésérine et diphénésérine ([2]) et existence des dérivés nitrosés et de dérivés benzoylés, dans toute la série de l'ésérine].

GÉOLOGIE. — *Sur la variation de composition des laves et sur la température de la pyrosphère.* Note de M. **Ph. Négris**, transmise par M. Pierre Termier.

Il est généralement admis que les volcans sont alimentés dans une zone fluide incandescente du globe, la pyrosphère. La lave serait expulsée de la partie supérieure de cette zone, sous la pression exercée sur le magma fluide par le poids de la lithosphère, en partie seulement contre-balancé par la cohésion de la masse solide. La lave, d'après cela, aurait dû avoir

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 19, 1916, p. 1287.

toujours la même composition, comme provenant de points semblablement placés dans le globe terrestre. Il n'en est rien, cependant, car, comme on sait, cette composition varie d'un volcan à l'autre et quelquefois pour un même volcan d'une éruption à l'autre : elle est tantôt acide et comparable à celle du granite, tantôt basique et basaltique (ferromagnésienne).

Cette anomalie s'explique si l'on admet, avec Henri Douvillé, que les roches granitiques ou gneissiques ne proviennent pas originellement du magma fluide supérieur de la pyrosphère comme l'admet Suess, mais ont été formées après coup, au-dessus de la première couche ferromagnésienne de la lithosphère. Par l'affaissement des synclinaux, la partie inférieure de la lithosphère s'enfoncerait dans la pyrosphère et serait fondue avec une partie plus ou moins considérable de gneiss, qui surnagerait, alors, comme plus léger, sur le magma ferromagnésien qui se trouve au-dessous. Le gneiss fondu se trouverait ainsi localement et temporairement au voisinage de points faibles de l'écorce : on aurait alors épanchement de laves acides ; les laves basiques suivraient. Dans les synclinaux, au contraire, où le gneiss n'aurait pas atteint la température de fusion, ce serait la masse basique ferromagnésienne qui s'épancherait et c'est le cas le plus fréquent.

Dans tous les cas les laves à leur point d'origine possèdent la température de la pyrosphère à sa partie supérieure, température nécessairement supérieure à la température de leur fusion. Or Dœlter [1] donne pour point de fusion des laves 1300 à 1600°. Cette dernière température répond à une lave qui à l'origine dépassait cette limite, ce qui donne pour la pyrosphère une température supérieure à 1600°.

Ainsi se trouve confirmée la haute température de la pyrosphère que nous indiquions ici même [2], et l'impossibité pour les continents d'exister enfoncés dans le magma incandescent et fluide de la pyrosphère (comme le veut la théorie de la dérive de Wegener), sans être digérés par la masse fondue et disparaître, comme cela est sans doute arrivé pour l'Atlantide.

OCÉANOGRAPHIE. — *Études locales de la circulation des eaux dans l'océan Atlantique.* Note de M. **J. Thoulet**.

Dans le but de servir de vérification et d'exemple pratique des services que l'emploi des données densimétriques est susceptible de rendre dans

(1) *Petrogenesis*, 1906, p. C.17-18.

(2) *Comptes rendus*, t. **178**, p. 1376 et 1731.

l'étude de la circulation des eaux marines, j'ai choisi sur le trajet suivi par le « Challenger » et jalonné par J.-Y Buchanan de prises de densités σ_θ superficielles et profondes, deux suites à peu près rectilignes de sondages densimétriques presque équivalentes comme longueur et situation, l'une dans l'Atlantique Nord entre Ténériffe et Sombrero, l'autre dans l'Atlantique Sud de Montevidéo au cap de Bonne-Espérance. Pour chacun des sondages de ces deux séries, entre la surface et la profondeur de 800 brasses (1463^m), j'ai calculé par un procédé déjà décrit les σ_0 et les $\chi_p\,\sigma_\theta$ correspondant aux θ et σ_θ fournis par Buchanan, j'ai disposé les valeurs en tableaux et en ai tracé les courbes continues. J'ai alors établi pour chaque série quatre graphiques à la même échelle correspondant respectivement à chacune des variables densimétriques. Enfin, d'après les valeurs de la variable en chaque point d'observation, j'ai tracé sur le graphique des θ les isothermes, sur celui des σ_0 les isohalines, sur celui des σ_θ les isopycnes et sur celui des $\chi_p\,\sigma_\theta$ les isobases. Pour plus de clarté les espaces compris entre chaque sorte d'isolignes, sur chaque graphique, ont été coloriés d'une teinte plate de couleur particulière d'autant plus intense qu'elle correspondait à une valeur plus élevée de la caractéristique. Dans ces conditions chaque graphique et l'ensemble des quatre d'une même localité pouvaient être considérés comme une sorte d'image instantanée de l'état de la mer au point de vue de la circulation dans la localité au moment de l'observation.

Les principales conclusions obtenues se résument de la façon suivante :

Dans tout l'Océan les eaux du fond, à volume égal, sont plus lourdes, plus froides et moins salées que celles de la surface.

Le cycle de circulation des eaux du globe terrestre s'ouvre et se ferme à l'extrême surface de l'Océan. Alourdies sous l'action combinée de la chaleur solaire agissant à la fois directement et indirectement comme provoquant une évaporation, les eaux marines tombent vers le fond en colonnes tantôt continues et tantôt discontinues à l'état de nuages liquides isolés offrant une remarquable analogie avec les particularités de la circulation aérienne. Elles descendent jusqu'au moment où, rencontrant une couche liquide de même densité totale $\varkappa_p\sigma_\theta$ que celle qu'elles possèdent elles-mêmes, elles s'arrêtent et se diffusent.

La masse des eaux océaniques est soumise à un déséquilibre mécanique et physique maximum à l'extrême surface et minimum sur le fond. Ces déséquilibres du haut jusqu'en bas s'atténuent successivement et indépendamment les uns des autres. Au premier à disparaître, le déséquilibre mécanique, à une très faible profondeur (100 brasses ou 200 mètres),

succède le déséquilibre thermique et après lui les déséquilibres des σ_θ et des σ_0. La disparition des déséquilibres physiques n'est évidemment jamais absolue; il ne se fait pour eux qu'une atténuation progressive.

La considération des densités permet de reconnaître dans tous leurs détails les variations générales et locales des eaux océaniques qu'il devient ainsi possible de comparer entre elles dans des localités différentes voisines ou éloignées les unes des autres et de suivre ensuite dans leurs déplacements.

Les quatre caractéristiques densimétriques $\theta, \sigma_\theta, \sigma_0$ et $\varkappa_\mu \sigma_\theta$ constituent un ensemble indivisible. Isolément elles conduiraient à des conclusions erronées et même paradoxales car chacune d'elles exerce ses actions propres parfois antagonistes et dont la résultante, en addition algébrique, seule se manifeste dans la nature.

La comparaison des deux coupes étudiées dans l'Atlantique Nord et l'Atlantique Sud basée sur des documents incomplets, en nombre insuffisant et défavorablement distribués pour le but que je me proposais, autorise cependant à affirmer que l'Atlantique Nord manifeste une économie générale notablement plus compliquée que l'Atlantique Sud.

La circulation résulte essentiellement de la concentration en sels des eaux marines superficielles compensée par l'apport en eau douce des météores aqueux, pluies, neiges et glaces, arrivés directement à l'océan et des fleuves dont le tribut annuel, à lui seul, selon Murray, est de 27500^{km^3}. Le simple bon sens permet de prévoir que la densité des eaux sera moindre et leur salure plus faible à la périphérie qu'au centre des océans et, en été, dans les régions glaciales que dans les régions équatoriales. A la surface, tout près de la très mince couche d'agitation et de mélange mécanique dû aux vents, doit se produire dans chaque hémisphère, suivant le rythme régulier des saisons, de l'équateur vers le pôle et inversement, la transgression et la régression d'une vague d'eau chaude. Ces conclusions sont confirmées par les graphiques.

Les lois des êtres vivant au sein des eaux, ne serait-ce qu'à l'état de plancton, ne peuvent pas ne pas être sous la plus étroite dépendance des lois mécaniques et physiques du milieu liquide. Ces lois, encore insufisamment connues, sont susceptibles d'être élucidées d'une façon complète et précise au moyen de sondages densimétriques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'application de la frontologie aux dépressions sahariennes*. Note (¹) de M. L. PETITJEAN, présentée par M. Bigourdan.

La discontinuité thermique entre les vents d'origine méditerranéenne et les vents d'origine tropicale met en relief, en Afrique du Nord, surtout pendant les mois chauds, l'existence d'un front particulier (²) qui semble se rattacher à celui des alizés (³). Il délimite les secteurs chaud et froid de dépressions dont le centre se trouve, au moment de leur apparition sur les cartes synoptiques, dans l'extrême-sud marocain, et dont la direction de propagation est comprise entre celles du Sud-Ouest au Nord-Est et de l'Ouest à l'Est.

Le secteur chaud est limité, au début, du côté occidental, par le Haut-Atlas marocain; il s'étend vers le Nord en suivant dans son orientation la chaîne de l'Atlas saharien; du côté oriental, il se prolonge jusque dans le Sud tunisien. La couche des vents du Sud qui le surmonte est d'autant plus étendue en altitude que l'échauffement est plus intense dans la région des tropiques. Elle s'élève au-dessus des vents marins et sa progression vers le Nord peut s'observer, en une station, par l'abaissement graduel de son niveau inférieur, comme l'attestent les sondages par ballons-pilotes effectués dans les postes météorologiques militaires en Algérie et au Sahara.

Tout en conservant l'orientation générale de l'Atlas, le front de discontinuité oscille au cours du temps avec une amplitude et une période variables par suite de l'échange d'énergie entre les vents tropicaux et méditerranéens. Ceci est mis en évidence par le tracé des isochrones de pluie au cours des périodes orageuses qui accompagnent le passage des dépressions d'origine saharienne; ces lignes se déplacent, tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud suivant que l'énergie des vents tropicaux ou celle des vents marins est prépondérante. Ces alternatives d'avance et de recul donnent lieu à une succession de grains très caractéristiques. Finalement, lorsque les vents froids l'emportent, ils refoulent graduellement la couche des vents chauds : la nébulosité diminue progressivement et lentement, car la pente de la surface

(¹) Séance du 23 juin 1924.

(²) L. PETITJEAN, *Surfaces de discontinuité en Algérie et au Sahara* (*Cahiers du Service météorologique d'Algérie*, 1923, n° 1, p. 13).

(³) V. BJERKNES, *On the Dynamics of the Circular Vortex with applications to the atmosphere and atmospheric Vortex and Wave Motions* (*Geofysiske Publikationer Kristiania*, vol. 2, n° 4, 1921, p. 62-63).

de discontinuité est très faible (quelques millièmes), puis le beau temps succède à la période orageuse.

L'orographie de l'Afrique du Nord influe sur la progression de la surface de discontinuité : tant que celle-ci passe au-dessus du profil de la chaîne de l'Atlas, les vents tropicaux s'élèvent librement. Lorsque, par suite de son déplacement, elle se trouve coupée par le versant sud, un effet « foehn » prend naissance et provoque, sur le versant opposé, l'arrivée d'un violent « siroco »; après s'être détendu adiabatiquement pendant son ascension, l'air se trouve, après sa descente, à une température plus élevée par l'effet de la compression adiabatique s'ajoutant au gain de chaleur provoqué par la condensation de la vapeur d'eau pendant la montée. Au nord de l'Atlas, l'air chaud s'élève de nouveau, cette fois au-dessus des vents marins. Cette double ascension est mise en lumière par les isochrones de pluie situées de part et d'autre des massifs montagneux.

Le secteur chaud des dépressions sahariennes reste généralement ouvert du côté du Sud, mais il peut cependant, comme dans les dépressions de la zone tempérée, être « coupé » par suite de l'arrivée, sur sa partie postérieure, d'un air plus froid, ou encore par suite d'un affaiblissement du flux tropical. Une seconde dépression naît alors à la suite de la première et peut être « coupée » à son tour. Il n'est pas rare de relever sur les cartes du Service météorologique de l'Algérie des familles comprenant trois de ces minima alignés en chapelet dans une direction sensiblement parallèle à celle de l'Atlas.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les dépressions secondaires de la mer Adriatique.* Note de M. **Filippo Eredia**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Quelquefois, sur la mer Adriatique, apparaissent des dépressions barométriques qui, aussitôt formées, se meuvent rapidement dans la direction NE-SW, pour se déplacer ensuite lentement et tourner vers le S, en touchant la Sicile ou la Tripolitaine. Rarement elles se dirigent vers le SE, en traversant la mer Ionienne pour rejoindre la Cyrénaïque. Ces dépressions, que la plupart des savants considèrent comme nées sur la mer Tyrrhénienne, présentent des caractères très différents de ceux des autres dépressions du bassin méditerranéen.

L'origine de ces dépressions est due aux conditions spéciales du versant adriatique. En effet, on peut y constater des variations thermométriques très limitées, en comparaison de celles des régions avoisinantes, et suivies

de baisses de pression. Dans ces cas, sous l'action des dépressions profondes régnant sur l'Europe septentrionale, il se forme, sur l'Adriatique, des dépressions que l'on peut considérer comme satellites.

Si un anticyclone règne en même temps au N ou au NW de l'Europe, la dépression se manifeste plus profonde et il se forme un cyclone qui se développe. Le gradient augmente presque également dans les différents secteurs et, en même temps qu'elle s'étend en surface, la dépression décroît et se meut vers l'E, tandis que l'anticyclone présente lui-même un déplacement vers les latitudes méridionales.

Mais si l'anticyclone des régions occidentales, que nous pouvons appeler défini, influe sur le mouvement de ces dépressions secondaires, l'autre anticyclone, qui règne sur la mer du Levant, exerce une action qui n'est pas moindre. Nous pouvons considérer cet anticyclone comme indéfini, parce qu'il ne représente, en général, qu'une zone de pression relativement élevée par rapport à celle des régions avoisinantes.

Les deux courants d'air, l'un froid et l'autre chaud, nécessaires, d'après la théorie de Bjerknes, pour former une dépression, peuvent être engendrés par les deux anticyclones qui règnent, l'un au NW, et l'autre au SE de l'Europe.

Les 20 et 21 décembre 1923, on relève un exemple caractéristique de ces dépressions. D'après les bulletins météorologiques du 20 décembre, en effet, on distingue un large anticyclone de 782^{mm}, qui occupe l'Irlande et s'étend sur les Iles Britanniques; en même temps une basse pression de 745^{mm} règne au sud de Moscou, et s'étend sur la Russie centrale, tandis que la pression est plutôt élevée (765^{mm}) sur la mer du Levant. Sur l'Adriatique, il se forme une aire de basse pression de 750^{mm}, qui est sous la dépendance de la basse pression russe. A midi, le 20 décembre, la dépression secondaire se porte sur le Sud de la mer Tyrrhénienne, l'anticyclone occidental se meut lentement vers le Nord, et la pression est presque stationnaire sur la mer du Levant. Le matin du 21 décembre, la dépression de la mer Tyrrhénienne, approfondie à 747^{mm}, est stationnaire et l'anticyclone occidental se porte sur le golfe de Gascogne. Le soir du même jour, la dépression se déplace vers l'Albanie, tandis que l'anticyclone arrive sur la péninsule ibérique, et la pression sur la mer du Levant diminue lentement pour atteindre 757^{mm}, valeur très basse si l'on observe que, le matin du même jour, la pression était de 764^{mm}. Le matin du 22 décembre, l'anticyclone se porte sur le Maroc et la dépression marche vers l'Albanie, où elle se comble les jours suivants.

Ces dépressions se forment de préférence pendant les mois d'hiver et manquent tout à fait en été, car la distribution de la température de l'air facilite alors leur formation dans la vallée du Pô.

Les conditions favorables à la formation de ces dépressions secondaires seraient, par conséquent, les suivantes : un cyclone très marqué sur la Russie septentrionale et deux zones de pression élevée s'étendant, l'une sur les Iles Britanniques, et l'autre sur la mer du Levant. Les dépressions, aussitôt formées, se mouvraient en fonction du déplacement que subissent les anticyclones. L'anticyclone, régnant sur la mer du Levant, exercerait ainsi une action dominante.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la perte du pouvoir germinatif des semences d'Orchidées.* Note de M. **Jules Wolff**, présentée par M. Guignard.

Mes observations récentes [1] relatives au vieillissement rapide d'un grand nombre de graines d'Orchidées nous ont conduits, M. Julien Potin et moi, à reprendre cette étude en nous plaçant à un point de vue nouveau [2].

En effet, les premières expériences avaient été faites en présence d'un endophyte favorisant la germination. Le phénomène de symbiose venait donc se superposer ici à celui du pouvoir germinatif propre à la graine, d'où pouvait résulter une accélération dans le développement des semences. Il est bien évident que, si l'on veut étudier le pouvoir germinatif absolu d'une graine, il faut soustraire celle-ci à l'influence accélératrice du mycélium. Ces conditions se trouvent réalisées lorsqu'on fait germer aseptiquement des semences sur un milieu gélosé sucré contenant soit des sels appropriés, soit des extraits végétaux, tels que l'eau de levure, par exemple. Nous employons dans nos expériences le milieu salin préconisé par Burgeff, additionné de 2,5 pour 100 de glucose. Nos essais ont porté sur sept graines d'origine différente dont l'examen microscopique n'avait rien révélé d'anormal. Six de ces graines provenaient d'hybrides de Cattleyées et une d'un hybride d'Odontoglossum.

Les résultats de nos observations se trouvent consignés ci-après :

---

(1) J. Wolff, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 554.

(2) D'après Noël Bernard « les graines peuvent être gardées à sec et à l'obscurité six mois ou plus quand il s'agit de Cattleyées, moins longtemps dans d'autres cas » (*Annales des Sciences naturelles, Botanique*, t. 9, 1909, p. 182).

1° Semence *a*, âgée de 8 jours : pas de germination.

2° Semence *b*, âgée de 8 jours : gonflement sensible après 3 semaines. La germination progresse normalement et il y a formation de plantules vertes au bout de 6 semaines. Agée de 7 semaines, la graine ne manifeste plus qu'un pouvoir germinatif insignifiant.

3° Semence *c*, âgée de 8 jours : gonflement sensible après 3 semaines. La germination progresse normalement; et il y a formation de plantules vertes au bout de 8 à 10 semaines. Agée de 8 semaines, la graine ne manifeste qu'un pouvoir germinatif très faible.

4° Semence *d*, âgée de 8 jours : mêmes observations que pour *c*.

5° Semence *e*, âgée de 8 jours : gonflement sensible après 3 semaines. La germination progresse assez vite, mais les plantules ne verdissent qu'au bout de 8 à 10 semaines. Agée de 2 mois, la graine germe encore bien, mais les plantules ne verdissent qu'après 15 semaines. Agée de 3 mois, cette graine ne germe plus.

6° Semence *f*, âgée de 8 jours : gonflement sensible après 3 semaines. La germination progresse assez vite; mais, comme plus haut, le verdissement des plantules n'a lieu qu'après 8 à 10 semaines. Agée de 3 mois, cette graine germe encore très bien au début; puis la germination s'arrête et les plantules ne verdissent plus. Agée de 4 mois, la graine ne germe plus.

7° Semence *g* (Odontoglossum), âgée de 8 jours. Le phénomène de la germination se manifeste déjà après 8 ou 10 jours. Gonflement et verdissement sont rapides, mais dans la suite, la progression est plus lente que chez les Cattleyées. Agée de 3 mois, cette semence a conservé toute sa vigueur et ce n'est que 5 mois après la récolte que l'on observe une diminution sensible du pouvoir germinatif.

Nos résultats sont instructifs à plusieurs points de vue. Ils montrent que :

1° Il y a des graines jeunes qui, pour des raisons que nous ignorons encore, ne germent pas.

2° Suivant la nature des hybrides de Cattleyées, les graines perdent plus ou moins vite leur pouvoir germinatif, les unes au bout de 45 jours, les autres au bout de 60 jours, celles-là après 3 ou 4 mois.

3° Contrairement à l'opinion régnante, la semence d'Odontoglossum que nous avons étudiée ici conserve plus longtemps son pouvoir germinatif que les graines de Cattleyées dont nous avons observé le développement.

Des expériences en cours d'exécution nous montreront prochainement si les semences d'orchidées, si fragiles à l'air, conservent leur pouvoir germinatif initial lorsqu'on les abandonne à l'obscurité dans le vide sec.

MICROBIOLOGIE. — *Action du bichromate de potassium et du bichromate de cuivre sur la croissance du* Phytophtora infestans. Note de MM. **A. Sartory** et **R. Sartory**, présentée par M. Guignard.

Poursuivant nos recherches sur le pouvoir antiseptique du bichromate de potasse et du bichromate de cuivre, nous nous sommes adressés cette fois à un organisme bien connu par les ravages qu'il cause à la pomme de terre : le *Phytophtora infestans* (Montagne).

Dans chacun des tubes de culture, nous avons réparti 10^{cm^3} de moût d'avoine gélosé (milieu électif); tous les tubes ont été stérilisés à la température de 120° pendant 20 minutes. Pour chaque antiseptique étudié, nous avons fait usage de 13 tubes.

Le premier, servant de témoin, ne renfermait que du moût d'avoine gélosé; dans chacun des douze autres tubes, nous avons réparti des quantités d'antiseptiques différentes suivant un ordre croissant correspondant par litre de milieu aux quantités suivantes : $0^{cg},05$, $0^{cg},10$, $0^{cg},15$, $0^{cg},20$, $0^{cg},25$, $0^{cg},30$, $0^{cg},35$, $0^{cg},40$, $0^{cg},45$, $0^{cg},50$, 1^{g}, 2^{g}.

Puis nous avons ensemencé dans tous ces tubes le *Phytophtora infestans;* nous avons ensuite observé son développement à la température de 27° qui paraît être l'optimum cultural.

Les résultats ont été les suivants : 48 heures après l'ensemencement, on peut constater un développement abondant dans les tubes témoins; en présence de bichromate de potassium ou de bichromate de cuivre, aucune croissance.

Après 5 jours, un début de culture se manifeste dans les tubes contenant le sel de potassium à raison de $0^{cg},05$, $0^{cg},10$ et $0^{cg},15$ pour 1000. Le sixième jour, ces colonies s'accroissent et seulement en surface; une petite colonie se développe dans le milieu contenant $0^{cg},20$ pour 1000 du même sel.

Il n'en est pas de même pour les milieux dans lesquels on a introduit le sel de cuivre; dans ces derniers aucune croissance dans le même temps. Ce n'est qu'au bout du huitième jour qu'on observe le début du développement de la culture sur le milieu à 0,25 pour 1000 du sel de potassium; les premières colonies apparaissent à ce moment daus les milieux renfermant $0^{cg},05$ de bichromate de cuivre.

Le dixième jour, le développement s'étend aux tubes contenant le moût d'avoine gélosé additionné de $0^{cg},30$, $0^{cg},35$, $0^{cg},40$, $0^{cg},50$ de bichromate de potassium; toutefois, pour cette dernière concentration, il est extrêmement faible.

Le quinzième jour, on peut voir de petites colonies de *Phytophtora* dans les cultures contenant par litre de milieu les quantités suivantes de bichromate de cuivre : $0^{cg},10$, $0^{cg},15$, $0^{cg},20$, $0^{cg},25$.

A partir de ce moment, aucun autre changement ne survient.

A la concentration de $0^{cg},50$ pour 1000 de bichromate de potassium, il y a encore

croissance de phytophtora : avec une dose de $0^{cg},20$ de bichromate de cuivre par litre, il n'y a plus de développement.

Le bichromate de cuivre joue donc un rôle beaucoup plus toxique que le bichromate de potassium vis-à-vis du *Phytophtora infestans*.

Des expériences semblables ont été conduites en boîtes de Pétri avec le même milieu de culture et le même organisme; elles ont conduit à des résultats identiques.

Enfin, le contrôle microscopique exercé après chaque expérience et dans les conditions les plus favorables fournit les mêmes conclusions.

Le bichromate de cuivre exerce un retard sur la croissance du *Phytophtora infestans*, retard double de celui produit par le bichromate de potassium et possède, vis-à-vis de ce parasite, un pouvoir antiseptique deux fois plus fort que le bichromate de potassium.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique des fruits verts de Vanille et le mode de formation du parfum de la Vanille.* Note de M. A. **Goris**, présentée par M. L. Guignard.

Les fruits de Vanille doivent, dit-on, leur odeur particulière à la vanilline, qui se formerait au cours de la maturation et des traitements divers qu'on leur fait subir pour favoriser le dédoublement fermentaire d'un glucoside.

Ce glucoside n'a d'ailleurs jamais été isolé de la Vanille. Il est vraisemblable que c'est la glucovanilline; mais M. Lecomte a émis l'hypothèse que la coniférine serait le corps qui donnerait naissance à cette glucovanilline, puis à la vanilline.

Le seul composé chimique isolé jusqu'ici de la vanille est la vanilline; exceptionnellement, on y trouve du pipéronal, de l'acide vanillique, de l'acide benzoïque.

Nous avons donc repris l'étude des fruits du Vanillier en vue d'en isoler le glucoside et de vérifier si le parfum de la Vanille n'est dû qu'à la vanilline exclusivement.

5^{kg} de Vanille verte nous furent envoyés de la Réunion après avoir été traités préalablement par l'alcool bouillant additionné de Co^3Ca. A son arrivée, le liquide alcoolique est séparé, la Vanille broyée et épuisée à nouveau par l'alcool à 95° bouillant. Les liquides alcooliques réunis sont distillés sous pression réduite et le résidu aqueux lavé à l'éther, puis évaporé en consistance d'extrait.

On reprend par l'alcool à 95° qui dissout les glucosides en laissant une assez grande quantité de matières extractives. La solution alcoolique est distillée, le résidu dissous dans l'eau et la solution aqueuse déféquée par le réactif de Courtonne. On filtre, élimine le plomb par H^2S et distille sous pression réduite. Le résidu est épuisé à chaud par l'éther acétique hydraté, qui abandonne par refroidissement des cristaux que l'on recueille et fait recristalliser dans l'éther acétique anhydre.

Ce corps fond à 172°-175°, mais il n'est pas pur. Il donne avec SO^4H^2 concentré une coloration jaune mêlée d'une teinte rouge.

Ce glucoside est purifié par des cristallisations répétées dans l'alcool à 60° dans la proportion de 1 pour 10. On obtient de belles aiguilles blanches. On se rend compte de la pureté du produit, par son point de fusion et la coloration franchement jaune qu'il doit donner avec SO^4H^2. Ce corps est la glucovanilline ; elle fond à 192° ; son pouvoir rotatoire est $[\alpha]_D = -88°,30$, son indice de réduction enzymolytique voisin de 241.

Les cristaux qui, au cours de ces cristallisations, donnent avec SO^4H^2 une coloration jaune mêlée de rouge, sont soumis à de nouvelles recristallisations. Finalement, dans les eaux mères, on arrive à obtenir un corps qui ne se colore plus en jaune, mais en rouge violet par SO^4H^2. Ce corps est l'alcool glucovanillique. Nous n'avons pu l'isoler à l'état de pureté à cause de la faible quantité de matière première que nous avions à notre disposition, mais il a été caractérisé par son produit de dédoublement, l'alcool vanillique.

Pour cela, on a pris 10g de glucoside brut que l'on a dissous dans l'eau. La solution aqueuse est épuisée à l'éther pour enlever toute trace de substances solubles dans l'éther. On l'additionne d'émulsine et l'on met à l'étuve. Après 8 jours, on épuise de nouveau à l'éther et l'on évapore les solutions éthérées après les avoir desséchées sur SO^4Na^2 anhydre. On obtient ainsi une masse cristalline jaune à odeur forte et suave de vanille.

Ces cristaux sont repris de nombreuses fois par l'éther de pétrole à l'ébullition. Par refroidissement on obtient des cristaux de vanilline fondant à 81°, se colorant en jaune par SO^4H^2 concentré et dont la solution aqueuse se colore en violet par le Fe^2Cl^6. Après ces épuisements, il reste un produit huileux jaunâtre qui, traité par l'eau chaude, laisse la plus grande partie insoluble. Cette solution aqueuse donne par évaporation spontanée des cristaux fondant à 115°-116°, se colorant en rouge par SO^4H^2 et dont la solution aqueuse ne se colore pas par le Fe^2Cl^6. Ce sont des cristaux d'alcool vanillique. Les traitements à l'eau chaude laissent une matière jaune très odorante, à odeur très fine de vanille, peu soluble dans l'eau. La solution aqueuse toutefois se colore en vert par le Fe^2Cl^6.

Le produit donnant cette coloration n'existait pas dans la solution primitive que nous avions lavé avec soin à l'éther ; il est apparu après action de l'émulsine. Il provient donc du dédoublement d'un troisième glucoside existant dans les fruits verts de Vanille.

Cette substance odorante est un éther, car, par saponification à l'aide de la soude alcoolique, elle donne un acide cristallisé et un alcool que nous n'avons pas encore pu identifier.

La Vanille renferme donc trois glucosides : la *glucovanilline* isolée, l'*alcool*

glucovanillique caractérisé par son produit de dédoublement, l'alcool vanillique, et un *glucoside à isoler* donnant par dédoublement un éther à odeur forte et suave.

Il y a tout lieu de supposer que l'alcool glucovanillique est le glucoside qui, par oxydation, donne naissance à la glucovanilline, puis à la vanilline.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur quelques caractères des tourbes des vallées crayeuses du nord de la France*. Note (1) de M. **A. Demolon** et de Mlle **V. Dupont**, présentée par M. Lindet.

Dans un précédent travail (2) nous avons montré que la passivité relative de la tourbe au point de vue biologique était en relation avec la pauvreté du milieu en éléments nutritifs. Nous exposerons ici quelques autres caractères de ces mêmes tourbes prélevées soit dans la vallée de la Souche, soit dans celle de la Somme.

Réaction de la tourbe. — La tourbe constitue un milieu acide et l'on considère généralement cette acidité, défavorable aux microbes nitrificateurs et aux plantes cultivées, comme l'un des facteurs essentiels de la stérilité des sols tourbeux.

Cette acidité est aujourd'hui susceptible de mesures précises. Si la méthode colorimétrique est inapplicable en raison de l'absorption des colorants par les colloïdes humiques, par contre on obtient d'excellents résultats par l'électrométrie. D'autre part nous avons utilisé simultanément la méthode de MM. Hutchinson et Mac Lennan (3).

Le tableau ci-dessous renferme ces deux séries de déterminations pour quelques échantillons.

Origine des échantillons.	PH électrométrique.	Indices d'Hutchinson en CaO par kg de tourbe à 10 pour 100 d'eau.
Saint-Simon, profondeur 1m...	6,45	1,90
» » 2m...	6,70	0,825
» » 3m...	6,95	0,175
Ollezy, profondeur 1m........	6,80	1,05
Chivres, profondeur 0m,50....	6,80	1,33

On voit que l'acidité vraie des tourbes en question est relativement

(1) Séance du 16 juin 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 282.

(3) *Journal of Agric. Science*, vol. 7, mars 1915.

faible, mesurée par un chiffre, toujours supérieur à $P_H = 6$. Elle varie relativement peu avec la profondeur des prélèvements.

La faible acidité de ces tourbes s'explique par ce fait qu'elles prennent naissance dans des eaux bicarbonatées calcaires renfermant 200 à 250^{mg} de CO^3Ca par litre. Il en résulte une neutralisation continue des substances acides engendrées dans la décompositon des débris végétaux. Toutefois dans un tel milieu où il y a imbibition et non circulation, on conçoit que cette neutralisation reste imparfaite et qu'une légère acidité résiduelle persiste. Cette manière de voir se trouvera justifiée plus loin par l'examen de la constitution des matières minérales.

Action comparée de la chaux et du bicarbonate de chaux. — Lorsqu'on fait agir sur la tourbe une solution de bicarbonate de chaux et qu'on mesure le P_H après lavage à l'eau distillée, on trouve un chiffre très voisin de la neutralité théorique (7,1). En opérant de même avec l'eau de chaux, on observe une fixation beaucoup plus intense et le P_H final correspond à une alcalinité marquée. Si l'on fait agir sur la tourbe ainsi traitée la série de réactifs (H^2O distillée, eau sucrée 5 pour 100, acide phénique 2 pour 100, NH^4Cl 5 pour 100, CO^2 dissous), on constate que la chaux fixée en plus de celle nécessaire à la neutralisation se trouve sous la forme de combinaisons facilement dissociables qui ne sont plus imputables à la saturation de fonctions acides.

P_H.			Tourbe initiale (pour 100).		Traitement par l'eau de chaux.					
						Chaux soluble (pour 100).				
Initial.	Après trait. au bicarbon. de chaux.	Ap. trait. à l'eau de chaux.	CaO totale.	CaO sol. dans solution saturée de CO^2.	CaO absorbée.	Eau distillée.	Eau sucrée 5 %.	Acide phénique 2 %.	NH^4Cl 5 %.	Solution saturée de CO^2.
6,60	7,10	10,1	4,50	0,42	4,17	0,12	0,75	1,90	2,25	3,80

Constitution des matières minérales. — La tourbe perd au contact de l'eau la presque totalité des sels alcalins et des phosphates entrant dans la composition des végétaux d'où elle dérive.

Mais à côté de cette perte par lixivation il y a fixation, sous forme de combinaisons humiques, de chaux empruntée à l'eau : cette fixation ressort surtout clairement de la composition centésimale des cendres. Les analyses montrent un accroissement régulier de la teneur en CaO avec la profondeur. Les couches les plus anciennement formées, celles dont l'évolution est la plus avancée, voient leur teneur en CaO s'élever considérablement (maximum observé 48,1). Cette chaux se retrouve dans les cendres, pour

la plus grande partie à l'état de carbonate et pour une faible part à l'état de sulfate. La silice subit une variation inverse.

Si l'on suppose la quantité de silice invariable et égale au taux observé dans les parties végétales non décomposées de la surface, si l'on ramène les chiffres par le calcul à ce taux pour les divers éléments dosés, la fixation de chaux ressort encore plus nettement; mais on constate en même temps une augmentation variable du taux de l'alumine. Ce résultat ne peut s'expliquer pour des tourbes apparemment exemptes de matières terreuses que par la présence d'une petite quantité de matière argileuse qu'il est pratiquement impossible de séparer.

Le tableau ci-dessous renferme les résultats analytiques obtenus :

	Pour 100 de tourbe sèche.		Composition centésimale des cendres.			
	Cendres carbonatées.	CaO.	SiO^2.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	CaO.
Saint-Simon (vallée de la Somme).						
Parties végétales non décomposées...	6,80	0,58	57,70	9,46	7,94	8,50
Profondeur 1m	11,25	3,60	28,60	2,60	5,50	31,30
» 2m	13,70	4,66	13,27	2,45	9,47	34,00
» 3m	21,6	10,38	4,42	0,40	2,20	48,16
Chièvres (vallée de la Souche).						
N° 1 profondeur 0m,50	11,82	3,79	22,8	2,08	6,76	32,11
N° 2 » 1m	11,13	3,83	17,90	1,12	4,72	34,45
N° 3 » 1m,50	10,65	4,00	12,50	2,21	3,09	39,00
N° 4 » 2m	9,90	4,11	7,80	1,70	3,24	41,51
N° 5 » 2m,50	11,35	4,78	10,26	2,11	3,29	42,10

En résumé, on peut admettre que la fraction des cendres qui dépasse environ 7 pour 100 de la tourbe sèche doit être considérée comme d'origine exogène; elle provient surtout de la chaux fixée et d'une petite quantité de matière argileuse énergiquement retenue par la tourbe.

CHIMIE AGRICOLE. — *Saturation dans le sol de l'acide sulfurique utilisé pour la destruction des mauvaises herbes.* Note de M. **Ch. Brioux**, présentée par M. Lindet.

Depuis quelques années l'emploi, que préconise M. Rabaté, des solutions d'acide sulfurique à 10 ou 12 pour 100 en volume, utilisées en pulvérisa-

tions, tend à se généraliser dans certaines régions pour la destruction des mauvaises herbes infestant les champs de céréales.

Un important concours de pulvérisateurs spéciaux à acide sulfurique a été organisé cette année aux environs de Chartres par l'Office agricole d'Eure-et-Loir, et l'une des questions que le Jury décida d'examiner subsidiairement était celle de la saturation de l'acide sulfurique dans le sol, et de la solubilisation possible de matières fertilisantes.

Nous ne nous occuperons dans cette Note que de la vitesse de saturation de l'acide et de son influence sur la réaction des sols de diverse nature ; cette question est surtout importante pour les sols décalcifiés, trop nombreux à l'heure actuelle.

Nos essais ont porté sur trois terres nettement différentes, la première dosant 3,8 pour 100 de carbonate de chaux et présentant une réaction nettement alcaline ; la seconde ne renfermant qu'une faible dose de carbonate, soit 0,17 pour 100 ; la troisième décalcifiée et devenue légèrement acide (acidité évaluée en $CaO = 0,28$ pour 1000).

Pour étudier la réaction du sol avant et après les pulvérisations acides, nous avons employé la méthode précise de la détermination de la concentration en ions hydrogène des solutions du sol ; nous avons utilisé concurremment la méthode colorimétrique, préférable, dans la circonstance, pour les deux premiers sols contenant du carbonate de chaux, et la méthode électrométrique qui nous donna surtout de bons résultats pour le sol à réaction acide.

Afin de rendre les mesures plus sensibles, nous avons admis que la solution acide pulvérisée restait localisée dans la couche superficielle du sol, sur une épaisseur de 3^{cm}, et que l'on utilisait une solution d'acide sulfurique un peu forte, à 15 pour 100 en volume, à raison de 1000^{l} par hectare, dose normale.

Des lots de 500^{g} de terre sèche tamisée étaient amenés à une humidité d'environ 12 pour 100, puis recevaient par pulvérisations suivies d'homogénéisation, un supplément de 4 pour 100 d'eau contenant la quantité de solution sulfurique correspondant au poids de terre employé ; en l'espèce, $1^{cm^3},8$ de solution à 15 pour 100 pour les 500^{g} de terre. Pendant toute la durée des essais, la terre était maintenue au même degré d'humidité.

Voici les résultats obtenus pour les trois sortes de terres :

Concentration en ions H, ou P_H.	Terre n° 1 3,8 pour 100 de CO^3Ca.	Terre n° 2 0,17 pour 100 de CO^3Ca.	Terre n° 3 acide.
Avant la pulvérisation	$P_H = 7,5$	$P_H = 7,3$	$P_H = 6,40$
Aussitôt après la pulvérisation	7,2	6,35	4,36 [1]
Après 6 heures	7,45	6,50	4,54
» 24 heures	7,5	6,60	4,69
» 48 heures	»	6,75	4,70
» 5 jours	»	6,80	4,92
» 10 jours	»	6,80	»
» 15 jours	»	»	5,25
» 1 mois	»	»	5,65
» 45 jours	»	»	5,61

Il ressort des chiffres ci-dessus [2] que l'action des pulvérisations acides sur la concentration en ions H des solutions du sol est sensiblement différente selon que l'on opère sur une terre même faiblement calcaire, ou sur une terre à réaction acide.

Pour la terre à 3,8 pour 100 de carbonate de chaux, d'une concentration en ions hydrogène primitive égale à 7,5, la pulvérisation acide n'abaisse l'exposant P_H que de 0,3, la réaction de la solution du sol restant légèrement alcaline dans les conditions de l'expérience. Après 6 heures, le P_H remonte presque au point initial pour l'atteindre au bout de 24 heures.

Pour la terre à 0,17 pour 100 de carbonate de chaux, la pulvérisation acide provoque une baisse initiale de l'exposant P_H d'environ une unité, ce qui correspond à une concentration en ions H 10 fois plus forte; puis, la saturation de l'acide se fait assez rapidement, et en 5 jours, le P_H remonte à 6,8, au voisinage de la neutralité, pour demeurer ensuite invariable.

En ce qui concerne la terre légèrement acide, la baisse du P_H atteint 2 unités aussitôt la pulvérisation (concentration en ions H 100 fois plus forte), puis la saturation de l'acide se fait lentement, et le P_H ne devient à peu près fixe qu'après un mois. Mais la terre reste sensiblement plus acide

---

[1] Moyenne de trois déterminations, pour parer au défaut d'homogénéité des prises d'essai de 5^g.

[2] Rappelons pour mémoire, que, *d'après la notation de Sörensen* aujourd'hui universellement adoptée, l'exposant P_H est numériquement d'autant plus faible que la concentration en ions H est plus élevée; par exemple, le P_H d'une *solution décinormale* d'un acide fort est égal à 1, celui d'une *solution décinormale* de soude est égal à 13; la neutralité absolue est représentée par $P_H = 7,07$.

qu'à l'origine, avec une différence de P_H égale à 0,8, correspondant à une concentration en ions H 5 à 6 fois plus forte qu'avant la pulvérisation.

Ces essais nous montrent en définitive que si les pulvérisations d'acide sulfurique utilisées pour la destruction des mauvaises herbes se saturent assez rapidement dans les sols même faiblement pourvus de carbonate de chaux, il n'en est pas de même pour les sols décalcifiés, dont la concentration en ions H se trouve assez fortement augmentée, au préjudice de certaines cultures ultérieures particulièrement sensibles à la réaction du sol.

Il y a donc lieu de recommander tout spécialement le marnage ou le chaulage préalable des terres décalcifiées où l'on désire se livrer à la destruction des mauvaises herbes, par la méthode efficace des pulvérisations sulfuriques. Sans cette précaution, la concentration en ions hydrogène des solutions du sol deviendrait rapidement nuisible à la végétation.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la théorie de l'addition latente.* Note [1] de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. d'Arsonval.

Le phénomène observé sur les muscles en 1878 par Charles Richet consiste en ceci : une excitation qui, isolée, est en apparence inefficace, devient capable de provoquer la contraction quand elle est répétée un certain nombre de fois à des intervalles suffisamment rapprochés.

J'ai cherché à préciser mathématiquement la relation de ce nombre et de ces intervalles avec l'intensité nécessaire et suffisante pour atteindre le seuil. Les chiffres expérimentaux qui ont servi de base à cette recherche ont été empruntés, pour une part, à diverses mesures faites avec Mme Lapicque, et pour la plus grande part, à des mesures systématiquement effectuées sur ma demande par M. et Mme Chauchard. Il s'agit exclusivement de muscles, c'est-à-dire de tissus simples.

Même dans ce cas, il serait vain d'essayer quantitativement une théorie physico-chimique fondée sur la considération d'une polarisation, suivant l'hypothèse primitive de Nernst. Tous les faits tendent à montrer la nécessité d'un phénomène intermédiaire ayant ses lois propres entre cette polarisation et la réponse physiologique. C'est ce phénomène que nous appellerons *excitation;* ce nom est employé communément et pour l'effet et pour la cause; la confusion sera évitée si nous appelons *stimulus* le courant électrique qui engendre l'excitation.

---

(1) Séance du 30 juin 1924.

Au sujet de celle-ci, laissant de côté sa nature, nous ne ferons que des hypothèses quantitatives; les plus simples d'ailleurs seront suffisantes, à savoir : 1° L'excitation est une grandeur variable, commençant à zéro pour un stimulus infiniment petit; le seuil physiologique en est une valeur finie. 2° Quelle que soit la façon dont l'excitation s'accroisse avec la durée du stimulus, pour chaque stimulus de forme $f(t)$ invariable, comme une décharge de condensateur de capacité donnée sur résistance invariable, il y aura un accroissement d'excitation proportionnel à l'intensité du stimulus. Nous considérerons d'ailleurs la durée du stimulus comme infiniment brève par rapport à l'intervalle entre deux stimulus, ce qui est pratiquement vrai dans les conditions de nos expériences. 3° L'excitation aussitôt produite tend à se dissiper et décroît suivant une fonction exponentielle du temps. 4° Ce qui reste d'excitation quand survient un nouveau stimulus s'additionne à l'excitation causée par celui-ci.

Partant de là on trouve qu'une série de n stimulus d'intensité i séparés par des intervalles égaux ε produira une excitation

$$s = \alpha i\left(1 + \frac{1}{q} + \frac{1}{q^2} + \dots \frac{1}{q^{(n-1)}}\right),$$

α étant une constante et q étant égal à $e^{\frac{\varepsilon}{z}}$ où z est aussi une constante. Le seuil sera atteint pour une certaine valeur de s. Cette relation entraîne les conséquences suivantes vérifiées par l'expérience. 1° L'efficacité de l'addition latente ne croît pas indéfiniment avec le nombre des stimulus, mais tend vers une limite pratique. 2° Le nombre limite des stimulus pratiquement effectifs est d'autant plus petit que leur fréquence est moins grande. 3° En prenant n toujours assez grand pour que la limite, égale à $\alpha i\left(1 + \frac{1}{q-1}\right)$, soit pratiquement atteinte, l'intensité i correspondant au seuil apparaît sous la forme

$$i = \frac{s}{\alpha}\left(1 - e^{-\frac{\varepsilon}{z}}\right).$$

Faisant $\varepsilon = \infty$, nous aurons le cas du stimulus isolé dont l'intensité liminaire $I = \frac{s}{\alpha}$. Cette grandeur expérimentale ayant été mesurée, il est facile de comparer la formule et l'expérience pour diverses valeurs conjuguées de i et de ε; si elle n'est pas connue, il faut, par tâtonnement, choisir des valeurs convenables de $\frac{s}{\alpha}$ et de z. D'une façon comme de l'autre, on trouve un accord très satisfaisant entre les chiffres observés et les chiffres calculés,

sauf pour les grandes fréquences de stimulation où l'intensité liminaire reste constante.

Ce dernier fait est en dehors de la formule; il s'agit évidemment d'un phénomène perturbateur, car si l'on porte les valeurs expérimentales de i en ordonnées avec ε comme abscisse, la courbe qui joint les points ainsi obtenus, descendant, pour ε décroissant, de l'asymptote I vers l'origine, s'arrête brusquement pour suivre la droite horizontale du seuil invariable aux grandes fréquences. La perturbation signalée par ce point singulier se laisse expliquer facilement par le phénomène bien connu de la *période réfractaire*.

En résumé, l'ensemble complexe des faits d'observation sur la période latente peut se traduire convenablement par une relation assez simple, comportant, à côté des grandeurs expérimentales, un seul paramètre arbitraire qui est une constante de temps.

Cette constante de temps varie dans le même sens que la chronaxie du muscle interrogé; elle varie aussi, il est vrai, avec la durée du stimulus; plus celui-ci est bref par rapport à la chronaxie en cause, plus z apparaît grand. Les documents expérimentaux actuellement réunis ne permettent pas de préciser cette seconde relation. Pour la relation à la chronaxie, voici des valeurs de z déterminées pour trois préparations physiologiques, la durée des stimulus ayant été le tiers ou le quart de la chronaxie dans chaque cas; la chronaxie et z sont exprimés en secondes.

Organe.	Chronaxie.	z.
Flagelle d'escargot	0,03	0,4
Pied d'escargot	0,009	0,1
Gastrocnémien de grenouille curarisé	0,0012	0,016

Il y a sensiblement proportionnalité.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur les vitesses de segmentation de l'œuf d'Oursin.* Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note publiée antérieurement ([1]) j'ai montré qu'en comparant, à une même température, les vitesses de segmentation d'un œuf d'Oursin (*Psammechinus miliaris*) normalement fécondé, avec celles d'un œuf de la même espèce, mais fécondé par le sperme d'un autre Oursin (*Paracentrotus*

([1]) *Vitesse de segmentation des œufs d'Oursin* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 10 novembre 1923, p. 928).

lividus), on constate que la marche de la segmentation n'est modifiée en rien par le fait de fécondation hétérogène. J'ai retrouvé dans la bibliographie deux indications concernant le même sujet. C'est d'abord une constatation analogue à la mienne, mais très généralisée, que j'ai trouvée dans le livre « Le Mécanisme de l'Hérédité mendélienne » de Morgan, Sturtevant, Muller et Bridges. La vitesse de segmentation est citée ici comme exemple de *l'Hérédité cytoplasmique ;* c'est donc, d'après Morgan aussi, une propriété inhérente à l'œuf.

D'autre part, j'ai trouvé dans le livre « L'Œuf et les facteurs de l'Ontogenèse » de Brachet (p. 179) la considération inverse. D'après les expériences de cet auteur, ainsi que d'après celles de Newmann (1910), les vitesses de segmentation seraient influencées par la nature du spermatozoïde fécondant. Newmann le constate en étudiant les fécondations hétérogènes de l'œuf de *Fundulus*. Les expériences de M. Brachet consistent dans des *fécondations normales* de plusieurs lots d'œufs d'une même Grenouille par le sperme de mâles différents. Dans ces conditions M. Brachet observe que les œufs des différents lots, au lieu d'entrer en segmentation synchroniquement ou en un temps variant de 2 à 3 minutes, présentent entre eux des écarts qui peuvent atteindre 25 à 30 minutes ; je veux remarquer dès maintenant que, d'après ce que je sais des vitesses de segmentation de l'œuf de la Grenouille, la première division se fait en moyenne 3 heures et demie à 4 heures après la fécondation.

En présence de ces opinions opposées j'ai refait les mêmes expériences sur l'œuf d'Oursin (*Paracentrotus lividus* Lk). Voilà le protocole d'une de mes expériences :

Expérience 34. — 22 mars 1924. Température 17°-18° C.

A 15^h55^m. Je fais la fécondation de trois lots d'œufs d'une même femelle de *Paracentrotus lividus* par trois lots de sperme provenant de trois mâles différents. (Volume d'eau égal dans les trois cristallisoirs.)

A 17^h30^m. Les premières divisions en deux apparaissent dans les trois lots.

A 17^h40^m. Tous les œufs des trois lots sont au stade deux.

Ces expériences confirment donc le résultat que j'ai obtenu l'année dernière par les fécondations hétérogènes. Dans l'expérience 34 le synchronisme de la première division dans les trois lots est parfait. Dans une autre expérience j'ai observé une différence de deux minutes à la troisième division. Cette différence peut être considérée comme nulle étant donné que la durée totale de l'expérience a déjà atteint à ce moment 2 heures 50 minutes.

J'ai cherché à confirmer ces résultats en faisant l'expérience inverse des

précédentes. Voilà, à titre d'exemple, le protocole d'une de ces expériences.

Expérience 35. — 22 mars 1924. Température 17°-18° C.

A 16^h je fais la fécondation de trois lots d'œufs de femelles différentes par le sperme d'un même mâle de *Paracentrotus lividus* (lots A, B et C).

A $17^h 30^m$ apparaissent les premières divisions en deux dans les trois lots.

A $17^h 35^m$ le lot C est un peu en retard sur les deux autres; ceux-ci contiennent des œufs qui sont tous en division; dans le lot C il n'y en a que quelques-uns.

Les divisions en B sont légèrement en retard sur A.

Le lot A	achève la première division	à	$17^h 38^m$
» B	»		$17^h 43^m$
» C	»		$17^h 47^m$

La différence maxima (entre les lots A et C) *est donc de 9 minutes.*

Passons à l'interprétation des faits décrits.

Les deux types nouveaux d'expériences que je viens de citer confirment donc les conclusions que j'ai tirées l'année dernière de mes expériences d'hybridation. Les vitesses de segmentation sont vraiment caractéristiques de l'œuf d'Oursin.

M. Brachet, à qui j'ai communiqué les résultats de mes expériences, m'a suggéré que les différences dans les vitesses de segmentation qu'on observe en fécondant par un même sperme les œufs provenant de femelles différentes peuvent tenir simplement à une légère différence du volume des œufs des différents lots. J'accepte pleinement cette hypothèse. Mais je dois remarquer que ceci ne peut être interprété que comme une nouvelle confirmation du fait que la vitesse de segmentation est un caractère inhérent à l'œuf. *Elle l'est d'autant plus qu'elle varie en fonction de son volume.* Il faut toutefois souligner que je comprends ici les mots « caractère inhérent à l'œuf » ou « caractère héréditaire » dans le sens le plus large (dans le sens qui a été admis par M. Brachet, en particulier).

D'autre part, en présence des résultats tout à fait opposés obtenus par M. Brachet sur l'œuf de Grenouille, on pourrait se demander à quoi tient cette différence entre l'œuf de Grenouille et l'œuf d'Oursin. M. Brachet lui-même me suggère qu'elle « est peut-être due à ce que le trajet à parcourir par un spermatozoïde dans l'œuf de Grenouille est beaucoup plus grand que dans l'œuf d'Oursin. Dans ces conditions, des variations de mobilité des spermatozoïdes selon les mâles se traduiront aisément chez le premier, tandis qu'elles seront souvent trop minimes dans le second pour être suffisamment démonstratives ».

Cette interprétation n'est évidemment qu'une hypothèse, d'ailleurs facile à vérifier : il suffira pour cela de mesurer le temps non seulement jusqu'à la première division, mais encore et surtout le temps entre la première et la seconde, car dans cette dernière la vitesse de pénétration (la mobilité) du spermatozoïde n'intervient plus. Mais *a priori*, un fait souvent observé par moi au cours de mes expériences me semble en contradiction avec cette manière de voir, c'est le changement de vitesse que subissent souvent les œufs pendant la segmentation. Un œuf, par exemple, qui était en retard par rapport aux autres au moment de l'étirement du fuseau, achève la division avant eux.

Les vitesses de segmentation doivent, me paraît-il, tenir surtout à des facteurs internes. J'admettrai donc plutôt que *la différence entre les éléments sexuels de la Grenouille et de l'Oursin est justement dans la liaison de ces facteurs avec l'un ou l'autre des deux gamètes.*

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les relations entre l'état de l'organisme et les propriétés physico-chimiques des substances musculaires.* Note de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. Henneguy.

Dans diverses Notes antérieures (¹) on a vu que le P_H intérieur apparent de l'œuf d'Oursin, tel qu'on peut le déterminer par les indicateurs et la méthode d'écrasement, se place au proche voisinage du point isoélectrique de l'un des constituants de l'œuf, et que cette condition peut être mise en liaison avec diverses propriétés physico-chimiques du protoplasme cellulaire.

Nous nous sommes demandé si, inversement, des perturbations physiologiques, expérimentales, ou pathologiques des conditions cellulaires ne pouvaient pas se répercuter sur les relations entre le point isoélectrique et le P_H apparent, et si la différence entre ces deux valeurs ne pouvait pas définir une sorte de caractéristique de l'état de la cellule ou de l'organisme.

Nous avons fait à cet effet, sur la Souris blanche, une longue série d'expériences dans lesquelles on déterminait le P_H apparent des fibres musculaires de la cuisse, et le ou les points isoélectriques de la substance de ces muscles [traités comme l'œuf d'Oursin : broyés en congélation dans

(¹) F. Vlès, G. Achard, D. Prikelmaier, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1179 ; *Bull. Musée Océanogr. Monaco*, n° 437, 1923.

un liquide de P_H égal au P_H intérieur trouvé ; cataphorèse dans des solutions de P_H variables, obtenues avec de l'eau physiologique à NaCl 9 pour 100 acidifiée à HCl, ou alcalinisée à NaOH ([1])].

Plus d'une centaine de Souris représentant des cas divers au point de vue de l'état physiologique ou pathologique a été employée ([2]). Le P_H intérieur des fibres musculaires est resté approximativement voisin de 6, ou au plus compris entre 5,5 et 6,5. Dans l'intervalle des P_H utilisés (4-10), les constituants protéiques de la substance musculaire ont, dans ces conditions, présenté le plus souvent trois points isoélectriques, l'un A vers P_H 6-7, l'autre B inférieur à 5, le dernier C supérieur à 10, l'un de ces points pouvant éventuellement disparaître ou se confondre avec l'un des autres. Les variations du point A, absolues ou relatives au P_H intérieur trouvé, ont été suivies dans les divers cas et se sont montrées parfois considérables.

a. Souris normales. — Dans les conditions physiologiques des Souris normales, le point isoélectrique A est resté entre P_H 6 et P_H 7, très près du P_H intérieur du muscle et légèrement supérieur à lui, chez les *mâles adultes* (qui, en raison de leur fixité, ont été pris comme témoins étalons), chez les *jeunes femelles vierges*, peut-être aussi chez quelques vieux mâles et quelques vieilles femelles. Une absence du point A, qui s'est peut-être fusionné avec le point B, s'est rencontrée quelquefois chez quelques très jeunes mâles, quelques très jeunes femelles vierges, quelques très vieilles femelles. L'*évolution génitale des femelles* paraît se répercuter sur le point A : il commence à se déplacer vers les forts P_H chez les jeunes femelles mises en contact avec le mâle, se place entre 7-8 pour les gravidités affirmées, pour régresser et s'inverser (< 6) lorsque celles-ci arrivent à terme.

b. Conditions pathologiques. — Dans les conditions pathologiques, le point A s'est présenté le plus souvent comme nettement écarté du P_H intérieur, et situé vers les forts P_H ; toutes ces expériences ont dû être faites exclusivement sur des mâles, pour éviter la répercussion sur le point isoélectrique du stade génital inconnu de la femelle. Chez des Souris portant des sarcomes greffés, le point A s'est placé entre 8 et 9 ; des tumeurs épithé-

---

([1]) La cataphorèse a été complétée par précipitation à l'alcool-acétone des substances transportées aux deux pôles ; cette précipitation a permis de distinguer dans ces éléments deux groupes de nature différente.

([2]) Le protocole des expériences et leur discussion seront donnés dans un Mémoire en publication.

liales greffées, entre 7 et 8; des tumeurs de goudron, entre 7 et 9. L'injection de pneumocoques et de rouget a déplacé le point jusqu'entre 9 et 10; la tuberculose a eu moins d'effet (entre 7 et 8); le staphylocoque n'a eu qu'un effet très faible et peut-être même inverse. L'injection de substances diverses non septiques a, dans quelques cas, abouti également à une évolution considérable de A : par exemple le bouillon-ascite des milieux de culture (entre 7,7 et 9); des fragments de rate fraîche, entre 7 et 9; l'injection de protéiques purs (caséine) a par contre abaissé le point au-dessous de 6, ou même (édestine) n'a rien fait; la rate, chauffée à 60°, a eu un effet dépresseur; des injections de substances non septiques, sans liaison directe avec les constituants des protéiques, mais susceptibles de produire du pus aseptique (abcès de fixation à la térébenthine) ont produit également une élévation du point A (7 à 8). L'émeri, poudre inerte, a eu au contraire un léger effet dépresseur.

c. Caractères généraux. — En examinant les divers cas des variations du point isoélectrique A, on remarque qu'elles peuvent représenter deux évolutions inverses. L'une dans laquelle le point A s'élève d'abord vers les forts P_H, pour effectuer, lorsque la lésion arrive vers sa fin, une régression, vers des P_H inférieurs souvent au P_H interne. Tel est le cas du début de la gravidité, de l'évolution des tumeurs, de l'invasion et de la période d'état de quelques infections bactériennes, de la formation des abcès aseptiques à la térébenthine; l'effet dépresseur final représente la fin de l'évolution (gravidité à terme, fin de la résorption des substances injectées, du pus d'abcès de fixation, d'infections, etc.). La seconde évolution du point A est caractérisée au contraire par l'apparition d'emblée de cet effet dépresseur qui ne se montrait qu'en terminaison dans le premier type d'évolution : telle est l'injection de caséine ou de corps inertes devant produire des lésions mécaniques (émeri).

Si l'on met en parallèle tous les phénomènes d'apparence disparate qui produisent, dans les deux types d'évolution, la régression du point A vers les faibles P_H, il semble qu'ils aient tous pour condition concomitante *la libération* et la mise en jeu dans l'organisme d'un *stock de produits de dislocation, de lyse*, d'organes ou de cellules, en présence duquel l'organisme se trouve placé par suite d'un changement de régime métabolique analogue à une crise. Inversement la première évolution, qui correspond à l'ascension du point isoélectrique vers les forts P_H, est à mettre en parallèle avec l'invasion et la période d'état d'infections bactériennes, l'installation de la gravidité, des tumeurs, et des abcès aseptiques, et est vraisemblablement liée

aux débuts des *mobilisations humorales* de l'organisme qui accompagnent ces divers phénomènes.

L'intervention du sarcoplasme musculaire dans de tels phénomènes était inattendue.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La cause probable de l'immunité naturelle des Oiseaux contre la tuberculose humaine et son application à la digestion du bacille de Koch dans l'organisme du Cobaye.* Note de M. **Jules Auclair**, transmise par M. Charles Richet.

I. A la suite de recherches sur la cause de l'immunité naturelle des oiseaux contre la tuberculose humaine, je suis parvenu à retirer de l'organisme du pigeon, de la poule, du canard, de l'oie et du dindon une substance qui permet d'expliquer leur résistance à cette maladie.

II. Cette substance n'est pas recueillie sous sa modalité active à son point d'origine, mais, placée sous sa forme inactive, dans des conditions appropriées et aujourd'hui bien déterminées, elle acquiert régulièrement la propriété de digérer, *in vitro* et *in vivo*, le bacille de la tuberculose humaine. J'appellerai TI, cette substance envisagée sous la forme où elle est sans action sur le bacille de Koch, et TA, cette substance, quand elle a été rendue active et capable de digérer le même microbe.

III. Mis au contact de TI, dans les conditions appropriées et pendant le temps nécessaire à la transformation de cette substance en TA, le bacille de Koch a perdu la propriété de tuberculiser le Cobaye et de produire la moindre lésion chez ce dernier.

IV. Le résultat est identique, quand la TA et le bacille de Koch sont inoculés au Cobaye immédiatement après leur mélange, *in vitro*.

V. Le résultat est encore le même quand, sans mélange préalable, la TA est injectée et le bacille de Koch inoculé au Cobaye, immédiatement l'un à la suite de l'autre, en deux points séparés de l'organisme; la première, par exemple, étant injectée sous la peau du flanc droit et le second inoculé sous la peau du flanc gauche.

VI. En raison de la propriété qu'elle possède de digérer le bacille de Koch dans l'organisme du Cobaye, à l'exclusion, jusqu'ici, de toute autre substance empruntée dans des conditions analogues à l'organisme du pigeon, de la poule, du canard, de l'oie et du dindon, j'ai donc été amené à considérer la TA comme la cause probable de l'immunité naturelle des oiseaux contre la tuberculose humaine et à tenter de m'en servir comme remède à cette maladie.

VII. J'ajouterai que dans toutes ces expériences, répétées individuellement un grand nombre de fois, des Cobayes témoins ont toujours été inoculés avec des doses de bacilles de Koch autant que possible égales à celles qui m'avaient servi pour les autres animaux, que ces Cobayes témoins ont tous réagi à la tuberculose, de la façon habituelle et dans les délais normaux, témoignant ainsi constamment de la virulence des bacilles de Koch que j'avais utilisés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'action catalytique exercée par quelques colloïdes et, plus particulièrement par le glycogène, dans l'hydrolyse des albumines.* Note de MM. **L. Hugounenq** et **J. Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les actions diastasiques se rattachant le plus souvent à l'intervention des colloïdes, nous nous sommes proposé de reproduire certaines réactions attribuées aux diastases en faisant agir, sur des systèmes aptes à entrer en réaction, des substances colloïdales, minérales et organiques, en milieux acides et alcalins.

Nous avons étudié tout particulièrement l'hydrolyse des substances protéiques en présence de l'acide chlorhydrique à 3 pour 1000, soit isolément (essai témoin), soit au contact de colloïdes tels que : silice, alumine, oxyde de fer, sulfure d'arsenic, empois d'amidon, lécithine du jaune d'œuf, etc. Parmi ces colloïdes, la lécithine accélère nettement, sans subir elle-même d'altération, l'hydrolyse protéique, mesurée par la méthode de Sörensen.

L'hydrolyse alcaline des protéiques en présence de la soude caustique à 3 pour 1000 nous a conduits à des résultats plus intéressants. Nous avons opéré, entre autres composés, sur l'ovalbumine, la fibrine, la caséine et les nucléoprotéides provenant de la levure de bière. Les colloïdes essayés ont été les suivants : le thymonucléinate de sodium, le rouge Congo, la gomme arabique, l'inuline, les sucrates de calcium et d'uranium, le stéarate et l'oléate de sodium, l'argent, l'or, le bismuth et le rhodium colloïdaux, enfin le glycogène ordinaire et le glycogène purifié, exempt de cendres. L'hydrolyse était suivie par de fréquents dosages selon la méthode de Sörensen : chacune des expériences comportait un essai témoin.

De ces expériences, nous n'avons retenu que l'action de l'α-thymonucléinate de sodium, celle des métaux colloïdaux et surtout celle du glycogène. Ces divers colloïdes exercent une action catalytique marquée sur l'hydrolyse alcaline des substances étudiées : toutes conditions restant

égales d'ailleurs, la dégradation des protéiques est manifestement accélérée, et cela d'autant plus que le signe électrique du colloïde introduit est plus marqué.

On pourrait en conséquence ranger dans l'ordre suivant les colloïdes essayés : le thymonucléinate sodique (à l'état colloïdal α, mais non sous la forme floculée β) dont l'action est faible; le glycogène, avec lequel le phénomène est plus net, surtout dans les conditions que nous allons préciser; enfin, les métaux colloïdaux exercent l'action catalytique la plus intense; ils augmentent de 30 à 33 pour 100 la proportion des groupements $- NH^2$ libérés par la protéolyse.

Le glycogène pur est dépourvu de toute action; mais il suffit, pour le rendre catalytique, de l'additionner d'une petite quantité (1 pour 1000) de divers électrolytes (NaCl, KCl, RbCl, $CaCl^2$, $MgCl^2$). A noter que le chlorure de rubidium active le glycogène, alors que les chlorures de lithium et de cæsium sont sans action. Le passage d'un courant électrique augmente également, et proportionnellement à son intensité, l'action du glycogène, sans qu'on puisse faire intervenir les réactions secondaires au voisinage des électrodes.

L'action catalytique du glycogène, à peine sensible pour une solution à 1 pour 1000 de NaOH, croît avec l'alcalinité du milieu. Ainsi, en présence de la soude à 9 pour 1000, le témoin donne 10^{mg} d'azote libérés par 20^{cm^3}, tandis que, toutes les autres conditions restant les mêmes, la présence du glycogène élève ce chiffre à 21^{mg}. Ce résultat, confirmé par beaucoup d'autres essais, est indépendant de la quantité de glycogène.

L'action catalytique que nous avons mise en évidence pour le glycogène ne se retrouve pas avec les autres glucides condensés essayés par nous (gomme arabique, inuline, empois d'amidon, etc.).

Dans les conditions physiologiques normales, le glycogène se trouvant toujours dans l'économie en présence d'électrolytes, il est permis de penser que son action catalytique s'exerce au cours des transformations qui se poursuivent dans le foie et dans le muscle. S'il en est ainsi, le glycogène ne serait pas seulement une matière de réserve inerte, mais un corps actif, provoquant ou accélérant certaines réactions biochimiques du métabolisme.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1924.)

Note de M. *Louis Breguet*, Sur le rendement de la propulsion des oiseaux par battements de leurs ailes :

Page 2240, ligne 3 en remontant, *au lieu de* pendant la durée T de la période de travail, *lire* pendant la durée T de la période, le travail; formule (14), *au lieu de* $\mathfrak{T}_u = \frac{1}{2g} c^{x_0} SV^3 T$, *lire* $\mathfrak{T}_u = \frac{a}{2g} c_{x_0} SV^3 T$.

Note sur la dispersion des colloïdes électrolytiques du protoplasme dans ses rapports avec la nutrition minérale de la cellule :

Page 2281, *au lieu de* Note de MM. W. MESTREZAT et M. JANET, *lire* Note de M. W. MESTREZAT et M^lle^ M. JANET.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LE PREMIER SEMESTRE 1924. (*Suite.*)

Revue française d'ornithologie scientifique et pratique. Paris.
Revue générale de l'électricité. Paris.
Revue générale des sciences pures et appliquées. Paris.
Revue internationale de renseignements agricoles. Rome.
Revue médicale de l'Est et bulletin de la Société de médecine de Nancy. Nancy. Paris.
Revue militaire française. Paris.
Revue pédagogique. Paris.
Revue savoisienne (la). Annecy.
Revue scientifique. Paris.
Revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France. Moulins.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 JUILLET 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Ralph Allen Sampson**, Directeur de l'Observatoire d'Édimbourg, qui assiste à la séance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les composés organoaluminiques mixtes. Les iodures de monoéthyl- et de diéthyl-aluminium.* Note (¹) de MM. **V. Grignard** et **R. Jenkins**.

Si l'on met à part le composé CH^2AlI, préparé, en solution éthérée, par Faillebin (²) et par Thomas (³), on ne connaît pas encore de composés organoaluminiques mixtes des types R^2AlX et $RAlX^2$. Il semble cependant, *a priori*, que de tels corps soient capables d'exister, analogues à ceux déjà découverts avec le thallium et le bore.

En chauffant l'iodure d'éthyle avec de l'aluminium en poudre, à 100-130°, en tube scellé, Cahours (⁴) obtint un composé organométallique bouillant entre 340-350° et auquel il attribua la formule $AlI^3, Al(C^2H^5)^3$. Celui-ci, par action du zinc-éthyle, se transformait en $Al(C^2H^5)^3$ qui a été, depuis, préparé autrement et plus complètement étudié.

Mais on peut remarquer que les résultats analytiques de Cahours peuvent aussi bien représenter le complexe $(C^2H^5)^2AlI, C^2H^5AlI^2$; et si l'on songe que, dans beaucoup d'autres cas, les composés mixtes se forment

---

(¹) Séance du 7 juillet 1924.

(²) et (³) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 112 et 464.

(⁴) *Ann. Ch. et Phys.*, t. 8, 1860, p. 20.

avec facilité ou constituent même la première phase de la réaction, il est naturel de se demander s'il n'en est pas encore de même ici. Cette hypothèse, à la vérité, a déjà été émise par Spencer et Wallace [1] qui ont formulé la réaction précédente :

$$2Al + 3C^2H^5I = (C^2H^5)^2AlI + C^2H^5AlI^2,$$

mais n'en ont donné aucune preuve expérimentale. C'est pourquoi il nous a paru intéressant de reprendre cette étude.

Nous avons employé l'aluminium porphyrisé du commerce et l'iodure d'éthyle exempt d'alcool et d'humidité. Ces deux corps réagissent très régulièrement, en l'absence de tout solvant, dans une atmosphère inerte (azote sec).

On opère dans un appareil à reflux avec tube à brome. A 7^g de poudre d'Al, on ajoute une dizaine de grammes d'iodure d'éthyle et l'on chauffe au bain d'huile, à 72°. Au bout de 10 à 15 minutes, la réaction se déclare; après avoir retiré le ballon du bain d'huile, on entretient la réaction en faisant tomber, peu à peu, 40^g d'iodure d'éthyle et en refroidissant un peu s'il y a lieu. Quand le reflux cesse définitivement, on remet au bain d'huile et l'on chauffe pendant une heure à 100°-110°.

Pendant la réaction, il se dégage une très faible quantité d'éthane ($0^{mol},01$ à $0^{mol},02$) qui est dû à des traces d'humidité restées dans l'appareil.

Le produit de la réaction est un liquide mobile qui contient, en suspension, l'aluminium en excès et quelques impuretés solides apportées par le métal.

Contrairement aux observations de Cahours, on ne peut le distiller à la pression ordinaire. Vers 300°, même dans l'azote, il se produit une vive décomposition avec abondant dégagement gazeux constitué par un mélange d'hydrocarbures non saturés, d'éthane et d'hydrogène. Mais la distillation peut être effectuée sous pression réduite en évitant toute rentrée d'air.

L'appareil était constitué par deux ballons à colonne de Vigreux montés en série et dont le second pouvait, par une allonge à fractionnement, distiller successivement dans trois tubes à essai préalablement étranglés au voisinage de l'ouverture. Après l'avoir rempli d'azote, on y siphonne le produit précédent et l'on distille sur la poudre d'aluminium. Quand une fraction du premier ballon a été refractionnée en trois autres dans le second, on laisse la pression se rétablir par rentrée d'azote, puis on scelle immédiatement, au chalumeau, les tubes à essai.

Nous avons pu ainsi isoler deux produits bien distincts, séparés par une

(1) *J. Chem. Soc.*, t. 93, 1908, p. 1827.

portion intermédiaire importante qui est certainement un mélange des deux.

Diéthyliodure d'aluminium. — Le premier de ces corps est un liquide clair, mobile, bouillant à 118-120°, sous 4-5^{mm}, qui s'enflamme immédiatement à l'air en donnant une flamme rougeâtre et des fumées brunes. Il réagit explosivement sur l'eau, mais avec quelques précautions, on peut le décomposer régulièrement ; il donne alors quantitativement de l'éthane.

On a trouvé pour sa densité $d_{27}^{4} = 1,609$.

L'analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $(C^2H^5)^2AlI$.
Al pour 100.......	12,80	12,78
I »	60,12 et 59,82	59,88
C^2H^5 »	26,46	27,34

Le poids moléculaire, cependant, présente l'anomalie déjà observée par d'autres auteurs pour les trialcoyl-aluminium. Déterminé par cryoscopie dans le benzène complètement anhydre et dans une atmosphère d'azote, il correspond à la formule double :

$$[(C^2H^5)^2AlI]^2 = 424. \quad \text{Trouvé } 426.$$

Éthyldiiodure d'aluminium. — Le second produit de la réaction est un corps solide qui, à l'état pur, se présente en magnifiques parallélogrammes, parfois tronqués sur les angles aigus. Il distille à 158-160° sous 4^{mm} et fond, en tube scellé, plein d'azote, à 35-37°. Il jaunit peu à peu si on l'abandonne à la lumière, ou si une trace d'air pénètre dans le tube. Il est facilement soluble dans le benzène et l'éther anhydres. Il s'enflamme à l'air après une seconde ou deux d'exposition et donne une flamme rougeâtre et un gros nuage de vapeur d'iode. Sa réaction sur l'eau est moins violente que celle du composé précédent et elle engendre également de l'éthane pur.

Son analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $C^2H^5AlI^2$.
Al pour 100..............	8,98	8,74
I »	81,06	81,91
C^2H^5 »	9,2	9,35

Son poids moléculaire correspond encore à la formule double. Trouvé 654 au lieu de 620.

Éthérates. — Les deux composés organoaluminiques précédents, introduits dans une petite quantité d'éther anhydre, s'y dissolvent avec un dégagement de chaleur suffisant pour provoquer l'ébullition. En éliminant l'excès d'éther par chauffage dans le vide à 35-40°, pendant quelques heures,

on obtient des liquides clairs, mobiles qui, d'après les analyses, sont des monoéthérates.

Ces éthérates ne s'enflamment pas spontanément à l'air; ils ne semblent même pas s'altérer dans l'air sec, mais ils moussent fortement dans l'air humide, ils brûlent avec une flamme jaune en donnant des fumées blanches. Ils réagissent violemment sur l'eau avec dégagement gazeux et formation d'un produit solide blanc qui est soluble dans un excès d'eau. L'alcool les décompose énergiquement, mais ils sont solubles dans le benzène et l'éther anhydres.

Nous avons essayé de reconnaître les aptitudes réactionnelles de nos nouveaux composés organométalliques par les quelques essais suivants :

Avec le gaz carbonique sec, aucune réaction. Avec l'acétone anhydre, en solution benzénique et dans une atmosphère inerte, le diéthyliodure d'aluminium n'a donné qu'un peu d'oxyde de mésityle. Le benzaldéhyde, dans des conditions analogues, a donné un mélange de composés bouillant, surtout, de 180° à 215°, sous 13^{mm}, et desquels on n'a pu rien isoler jusqu'à présent. L'éthyldiiodure d'aluminium contenant un peu de diéthyliodure réagit sur le bichlorure de mercure en donnant probablement, d'abord de l'iodure mercurique, puis de l'iodure mercureux, à froid; en chauffant vers 140-150°, il y a brusque réduction avec dépôt d'une goutte de mercure. Le diéthyliodure d'aluminium réduit, de façon analogue, le chlorure mercureux.

Avec le bromure d'éthyle, nous avons pu préparer, vraisemblablement, le complexe $(C^2H^5)^2AlBr, C^2H^5AlBr^2$, qui distille entre 120-125° sous $15\text{-}16^{mm}$, mais qu'il sera, sans doute, difficile de dédoubler.

Nous continuons ces recherches avec d'autres dérivés halogénés.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Humbert. *Végétation du Grand Atlas marocain oriental. Exploration botanique de l'Ari Ayachi.* (Présenté par M. M. Molliard.)

2° Le fascicule 2 des *Travaux de la Section biologique de Roscoff*, publiés par Charles Pérez. (Présenté par M. Ch. Gravier.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les représentations d'un nombre entier par certaines formes à six variables.* Note [1] de M. **Jacques Chapelon**, présentée par M. G. Kœnigs.

Désignons par le symbole σ_i une somme de i carrés de nombres entiers, positifs, négatifs ou nuls. Liouville a donné des énoncés impliquant des nombres de représentations par les formes $\sigma_i + 2\sigma_{6-i}$ et $\sigma_i + 3\sigma_{6-i}$.

G. Humbert, en considérant des formes quadratiques ternaires dans un corps quadratique imaginaire, a établi ces théorèmes et les a complétés [2].

Sans revenir ici sur une démonstration directe des théorèmes de Liouville au moyen de la théorie des fonctions elliptiques, je désire signaler que cette théorie permet de trouver des théorèmes concernant les formes $\sigma_i + 5\sigma_{6-i}$, non envisagées par Liouville. Je me bornerai à donner un seul exemple.

Posons

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} q^{m^2} = \theta_1, \qquad \sum_{-\infty}^{+\infty} (-1)^m q^{m^2} = \theta, \qquad \sum_{-\infty}^{+\infty} q^{\left(\frac{2m+1}{2}\right)^2} = \eta_1,$$

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} q^{5m^2} = \bar{\theta}_1, \qquad \sum_{-\infty}^{+\infty} (-1)^m q^{5m^2} = \bar{\theta}, \qquad \sum_{-\infty}^{+\infty} q^{5\left(\frac{2m+1}{2}\right)^2} = \bar{\eta}_1.$$

La théorie de la transformation du cinquième ordre des fonctions thêtas conduit à la relation

$$\eta_1^4 + 5\bar{\eta}_1 = 6\left(\theta_1^2\bar{\theta}_1^2 - \theta^2\bar{\theta}^2\right),$$

d'où

$$\theta_1^4 + 5\bar{\theta}_1^4 - \theta^4 - 5\bar{\theta}^4 = 6\left(\theta_1^2\bar{\theta}_1^2 - \theta^2\bar{\theta}^2\right).$$

Posons

$$\theta_1^4 + 5\bar{\theta}_1^4 - 6\theta_1^2\bar{\theta}_1^2 = F(q).$$

$F(q)$ est holomorphe autour de $q = 0$, et, en changeant q en $-q$, on voit que $F(q)$ ne contient que des puissances *impaires* de q.

Multiplions alors les deux membres de cette dernière équation successivement par θ_1^2 et $\bar{\theta}_1^2$ et égalons les coefficients des mêmes puissances de q dans les deux membres.

---

[1] Séance du 7 juillet 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 448, et **172**, 1921, p. 497; *Journal de Mathématiques*, t. **4**, 1921, p. 3.

On voit s'introduire les représentations

$$(A)\qquad 2N = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + 5(x_5^2 + x_6^2),$$

$$(B)\qquad 2N = x_1^2 + x_2^2 + 5(x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + x_6^2).$$

Soient :

A′ le nombre des représentations (A) où $x_1 + x_2$ est pair;
A″ le nombre des représentations (A) où $x_5 + x_6$ est pair;
B′ le nombre des représentations (B) où $x_1 + x_2$ est pair;
B″ le nombre des représentations (B) où $x_5 + x_6$ est pair.

On voit encore s'introduire certaines représentations d'un nombre par une somme de six carrés. Les nombres de représentations correspondants sont, ou connus, ou aisément calculables au moyen des développements classiques θ_1^6, $\theta_1^2\theta^4$, ...

On obtient ainsi les deux relations

$$6B'' = A'' + 20\sum{}'(-1)^{\frac{i'-1}{2}}(2p'^2 - i'^2),$$

$$6A' = 5B' + 4\sum(-1)^{\frac{i-1}{2}}(2p^2 - i^2).$$

La première somme est étendue aux décompositions

$$\frac{N}{5} = p'i',$$

et n'existe que si N est divisible par *cinq*.

La deuxième somme est étendue aux décompositions

$$N = pi,$$

p et p' désignent des nombres pairs et i et i' des nombres impairs.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la seconde forme fondamentale d'une surface.* Note [1] de M. **Enrico Bompiani.**

M. O. Mayer vient de donner [2] une interprétation de la seconde forme fondamentale d'une surface de l'espace ordinaire, en relation avec le parallélisme de M. Levi-Cività; interprétation qu'il croit nouvelle.

---

(1) Séance du 7 juillet 1924.

(2) O. Mayer, *Une interprétation géométrique de la seconde forme quadratique fondamentale d'une surface, en relation avec la théorie du parallélisme* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1954).

Je me hâte de faire remarquer qu'elle ne diffère de celle que j'ai publiée, il y a trois ans ([1]), non seulement pour les surfaces de l'espace ordinaire, mais pour une variété V_m à m dimensions plongée dans une variété V_n (nm), variétés définies par des métriques riemanniennes quelconques.

Je me permets de reproduire ici quelques mots de l'Introduction au Mémoire cité. Après avoir résumé l'état de la question j'ajoutais :

« J'ai repris la question *ex novo*, d'une part pour en fixer avec évidence les bases géométriques que j'ai pu rattacher à la notion, ici encore féconde, du parallélisme de M. Levi-Cività; d'autre part pour développer la théorie au delà des bornes qu'elle a atteinte jusqu'à présent.

L'idée constructive qui m'a guidé a été la suivante : *toute propriété de V_m par rapport à V_n doit naître de la comparaison entre les notions intrinsèques de V_n relatives aux éléments de V_m.*

Pour rendre l'idée plus claire je vais donner un exemple.

Considérons une direction de V_m, issue d'un de ses points P, et une autre direction PP′ (appartenant aussi à V_m) : les parallèles en P′ à la première direction, construites en V_m et en V_n, sont en général distinctes : leur écart (angulaire, par exemple) est un élément qui dépend soit de la métrique de V_m, soit de celle de V_n; c'est-à-dire il exprime une propriété métrique de V_m par rapport à l'espace ambiant V_n.

Si, en particulier, les deux parallèles coïncident, la direction initiale et la PP′ seront dites conjuguées (s'il s'agit d'une surface V_2 dans un espace S_3 à courbure constante, les deux directions sont conjuguées au sens ordinaire); si ces deux directions coïncident, on a une direction asymptotique.

La forme du quatrième degré dans les différentielles qui, égalée à zéro, fournit les directions asymptotiques (directions déjà rencontrées par M. Voss), peut, à juste titre, être appelée la deuxième forme fondamentale de V_m en V_n (elle est le carré de la forme quadratique fondamentale de M. Bianchi, s'il s'agit d'une V_{n-1} plongée en V_n).

Je ne rapporterai pas ici les calculs ni les nombreuses conséquences que j'ai tirées de cette construction; mais je veux rappeler que M. Levi-Cività a bien voulu tenir compte de la propriété des tangentes conjuguées dans ses conférences sur la mécanique classique et relativiste ([2]); que M. E. Persico,

---

([1]) *Studi sugli spazi curvi : la seconda forma fondamentale di una V_m in V_n* (*Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, etc.*, t. 80, parte 2ª, 1920-1921, p. 1114).

([2]) *Questions de Mecànica clàssica à relativistica* (*Institut d'estudis catalans*, Barcelone, 1921, p. 85).

à la suite de mon Mémoire, a cherché la signification de la seconde forme en relativité [1]; et enfin que M. R. Lagrange a mis en évidence [2] toute l'importance de la courbure moyenne et de la normale de courbure moyenne que j'ai introduites dans mon Mémoire cité.

MÉCANIQUE. — *La gravitation et le principe de l'égalité de l'action et de la réaction.* Note [3] de M. G. **Maneff**, transmise par M. L. Lecornu.

I. Dans sa première théorie de la gravitation [4], M. Einstein, en combinant l'équation

$$c_1 = c\left(1 + \frac{U}{c^2}\right) \tag{1}$$

avec le principe d'Huygens, a trouvé qu'un rayon lumineux qui passe à une distance r du centre du Soleil devrait subir une déviation

$$\alpha = -\frac{1}{c^2}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial U}{\partial n'}\, ds = \frac{2gM}{rc^2}. \tag{2}$$

Mais l'équation (1) étant l'équation déduite de nos précédentes considérations [5], la déviation des rayons lumineux dans un champ gravifique découle de notre thèse de manière toute naturelle. Pour obtenir ce résultat, M. Einstein devait admettre que la vitesse et le potentiel ne changent pas dans la direction de la normale de l'onde plane, ce qu'on peut attribuer à la force d'inertie.

Mais en réalité les potentiels changent dans la direction de la normale de l'onde plane, et grâce à ce changement, la gravité de l'énergie varie d'après la loi

$$(mU_2 - mU_1) : E = \left(\frac{E}{c^2}U_2 - \frac{E}{c^2}U_1\right) : E = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial U}{\partial n'}. \tag{3}$$

En intégrant cette expression de $-\infty$ à $+\infty$, on trouve que la force de

---

(1) *Sul significato fisico della seconda forma fondamentale in relatività* (*Rend. Acc. dei Lincei*, 5e série, vol. 32, 1923, 2e semestre, p. 208).

(2) *Sur le calcul différentiel absolu* (*Thèse de Paris*; éd. Privat, Toulouse, 1923); *Sur les variétés à torsion totale nulle de l'espace euclidien* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 562).

(3) Séance du 7 juillet 1924.

(4) *Annal. der Physik*, t. 35, 1911, p. 898.

(5) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2159.

la gravité de l'énergie doit aussi avoir un effet, dont la grandeur sera donnée cette fois encore par une formule (2).

Ainsi, la déviation totale, due à la force d'inertie et à la force de gravité, sera

$$\frac{4gM}{rc^2}. \tag{4}$$

Pour le Soleil cela donne 1″,74.

La théorie de la relativité avec ses méthodes non euclidiennes a trouvé les mêmes valeurs.

II. Dans le cas du déplacement du périhélie des planètes, on est dans des conditions analogues. Pourtant ici le transport de l'énergie se fait avec la vitesse v du mouvement de la planète autour du Soleil, au lieu de la vitesse de la lumière c, comme cela arrive dans le cas précédent. En appliquant les méthodes du paragraphe I, on arrive à la même équation (2), où dans le cas actuel r est le rayon vecteur dans le mouvement elliptique, c'est-à-dire

$$\alpha = -\frac{1}{c^2}\int_0^{2\pi}\frac{\partial U}{\partial n'}ds = \frac{1}{c^2}\int_0^{2\pi}\frac{gM}{r^2}r\,d\varphi = \frac{gU}{c^2}\int_0^{2\pi}\frac{1+e\cos\varphi}{p}d\varphi = \frac{2gM\pi}{c^2a(1-e^2)}. \tag{5}$$

On obtient ainsi la partie du déplacement du périhélie due à la force d'inertie. La même formule (5) nous donne la partie correspondante du déplacement du périhélie, due à la force de gravité, qui sera égale à la partie, due à la force d'inertie.

En outre, puisque la masse de l'énergie dans le champ de la gravitation varie, le flux de la quantité de mouvement, variable dans le temps, induit une action dans le centre de la gravitation, qui d'après le théorème de l'inertie de l'énergie se manifeste comme une force perturbatrice d'attraction égale à

$$-\frac{d}{dt}\left[\frac{m(U_2-U_1)}{c^2}v\right]. \tag{6}$$

Ici, d'après le théorème que la quantité de mouvement n'admet pas une composante transversale, on a $v=\frac{dr}{dt}$. Si l'on ajoute cette force à la force d'attraction newtonienne, on obtient la force attractive totale, exercée par le centre du champ

$$F = -\frac{gMm}{r^2}\left[1+\frac{1}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2-\frac{1}{c^2}\left(r-\frac{r^2}{r_0}\right)\frac{d^2r}{dt^2}\right]. \tag{7}$$

Cette expression montre que la force de Newton est remplacée par une

expression différentielle exprimant qu'il n'y a pas d'action à distance. En calculant (¹) l'effet de cette force attractive sur le périhélie des planètes, nous obtenons

$$\beta = 2\pi + \frac{2gM\pi}{c^2 a(1 - e^2)}, \tag{8}$$

2π étant due à la force de Newton, le reste à notre force perturbatrice.

D'après cela, on obtient trois facteurs perturbateurs : la force d'inertie, la force de gravité et la force d'attraction, qui influent sur le mouvement du périhélie des planètes et dont l'effet intégral

$$\frac{6gM\pi}{c^2 a(1 - e^2)} \tag{9}$$

est précisément égal à l'effet donné par la théorie de la relativité.

Dans le cas du paragraphe I, l'action inductive du rayon lumineux sur le centre de la gravitation ne peut pas être ressentie par le rayon lui-même, puisque cette induction, qui se propage avec la vitesse de la lumière, doit traverser les deux côtés d'un triangle dont le troisième côté est traversé par le rayon lumineux.

III. Par conséquent, pour expliquer les écarts restés inexpliqués dans la mécanique de Newton, on n'est pas obligé d'accepter le temps relatif et l'espace non euclidien de la théorie de la relativité; il suffit pour cela d'accepter le principe de l'égalité de l'action et de la réaction aussi pour l'énergie. C'est la conséquence logique d'une action par l'intermédiaire d'un milieu avec une vitesse finie. Si l'on admet $c = \infty$, on arrive aux résultats de la mécanique classique.

RELATIVITÉ. — *Conditions générales auxquelles doit satisfaire une théorie de l'univers conforme à la relativité générale.* Note (²) de M. **Lémeray**, transmise par M. L. Lecornu.

Matière et radiation. — Dans l'univers sidéral, la lumière se propage avec la vitesse limite, tandis que les étoiles ont de faibles vitesses. Il faut donc arriver à une théorie qui exclue, pour la matière, les grandes vitesses ou, du moins, ne les impose pas.

(¹) *Annuaire de l'Université de Sofia, Fac. phys. math.*, II, liv. 2, 1924, p. 153.

(²) Séance du 7 juillet 1924.

L'espace physique. — L'espace, pneumatiquement vide, jouit d'une propriété qui en est inséparable ; c'est d'être le continuum où la lumière peut se propager. Un espace vide de matière et impropre à la propagation de la lumière ne saurait donc être pris en considération. Par suite l'hypothèse qui pouvait paraître naturelle autrefois, de l'existence d'immenses bulles d'éther, séparées entre elles par des espaces vides d'éther, n'a pas de signification physique.

La droite physique. — Si, laissant de côté toute vue sur la ligne droite en soi, on se borne à considérer la droite physique, on en a une image très imparfaite dans une règle bien construite. L'image parfaite de la droite physique, c'est le rayon lumineux dans le vide physique et passant loin de toute matière.

Géodésiques. — D'après Einstein, les rayons lumineux sont des géodésiques de l'espace-temps ; mais la lumière était considérée comme se propageant en ligne droite ; cet énoncé peut être transformé de la manière suivante : « les rayons lumineux sont aussi des géodésiques d'espace » (de longueur non nulle). En outre, à l'affaiblissement (et à l'absorption) près, toute étoile doit être visible d'un point quelconque. Par suite, il faut que par deux points quelconques de l'espace, passe toujours au moins une même géodésique.

L'inertie. — Des anciens principes, il résulte qu'un corps, non soumis à des forces, et un rayon lumineux issus en même temps d'un même point, dans une même direction, suivent ensuite le même trajet avec leurs vitesses initiales. Cet énoncé peut être transformé ainsi :

« Dans l'espace physique, un corps, animé d'une vitesse v, suivra avec la même vitesse uniforme le trajet du rayon tangent à sa direction initiale, pourvu que l'un et l'autre passent assez loin de toute matière. » (La vitesse dont il s'agit est la vitesse *observable localement*, aussi bien pour la lumière que pour le mobile.)

Densité. — D'après Einstein, l'univers spatial est illimité mais fini. A des anomalies locales près, les rayons lumineux reviennent à leur point de départ, au bout d'un temps fini, le même pour tous. On peut dire : « Il y a des étoiles partout ; leurs distances sont très grandes par rapport à leurs dimensions propres ; elles sont distribuées sans aucune loi ; la masse de chacune est finie ; leur nombre est fini ; la densité moyenne de l'univers est non nulle ». Comme il existe une relation entre la densité et les composantes du tenseur fondamental, une condition nécessaire pour qu'une théorie soit recevable est que celle-ci conduise à une densité moyenne *positive*.

L'attraction newtonienne. — Si l'on adopte, un instant, le langage de l'ancienne mécanique, l'attraction était considérée comme s'exerçant en ligne droite ; il suffit de dire qu'elle s'exerce *suivant les droites physiques, c'est-à-dire suivant les rayons lumineux*, au moins dans le vide. (Dans la matière, si la densité est grande, la dimension est assez faible pour que la droite physique soit confondue avec le rayon qui s'y propagerait en l'absence de la matière.) Cette vue qui paraît nécessaire si, même, l'on n'a pour but que d'énoncer des phrases ayant un sens physique, va permettre de comprendre pourquoi les étoiles ont de si faibles vitesses et, même, de montrer que l'attraction n'est qu'un accident local. Elle n'exerce son plein effet qu'au voisinage de la matière (système solaire, systèmes multiples).

Considérons le cas limite d'un univers où toutes les étoiles seraient immobiles : un astéroïde, voisin d'une étoile et au repos, resterait en repos ; car il verrait son étoile dans deux directions opposées, à la même distance, et recevrait, de part et d'autre, nombres égaux d'unités de force attractive. Ce cas n'est pas réalisé ; nous voyons le Soleil dans une seule direction. *Il n'est pas nécessaire de supposer*, comme on l'a fait, *l'existence d'une absorption à travers l'espace*. Cette hypothèse, possible, n'est pourtant pas à invoquer, car elle serait sans valeur pour l'attraction dont l'absorption par la matière est encore très douteuse. Or l'action du Soleil s'exerce dans une seule direction. Mais la raison en est facile à trouver : les étoiles ne sont pas tout à fait immobiles ; elles ont des vitesses relatives de l'ordre de 100 km/sec : les rayons reviennent à leur point de départ après quelques centaines de millions d'années, 300000000 par exemple. Pendant cette durée, l'étoile s'est déplacée et se trouve à une distance de l'ordre de 100000 ans de lumière. L'astéroïde voit bien son étoile grâce aux rayons directs et aux rayons plus âgés ; mais ceux-ci forment une image si éloignée qu'elle n'apparaît plus que comme une étoile extrêmement faible dont l'action attractive est négligeable, plus faible que celle des étoiles actuellement voisines. L'attraction directe joue à plein effet.

Un corps matériel au sein de l'univers sidéral, mais assez loin des étoiles les plus voisines, obéira sensiblement au principe de l'inertie transformé. Il paraît vraisemblable que les mouvements des étoiles sont dus à la non-uniformité de leur distribution.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Méthode nouvelle pour calculer la puissance de la machine à piston.* Note (¹) de M. E. **Tournier**, transmise par M. L. Lecornu.

Soient :

F (chevaux) la puissance actuelle de la machine;

π (kilogr.) le débit de vapeur, c'est-à-dire le poids apparent de vapeur sèche débité par la machine dans l'unité de temps;

$\lambda_{(0^{kg},10)}$ (calories) la chute adiabatique de chaleur du kilogramme de vapeur, depuis la pression absolue de la chaudière jusqu'à la pression conventionnelle $0^{kg},10$ au condenseur;

p (kilogr.) la pression actuelle au condenseur;

φ (pour 100), la perte sèche de vapeur, c'est-à-dire la proportion actuelle du débit de vapeur qui ne produit aucun travail utile;

M le rendement maximum de la machine, *qui est une constante de l'appareil.*

L'équation ci-après exprime la puissance à moins de 1 pour 100 :

$$F = 13{,}60\,M \frac{\pi\lambda_{(0^{kg},10)}}{(1+\varphi)(2{,}30+p)}.$$

Opérations conduisant au résultat :

1° *Traitement graphique des diagrammes* par le procédé Baills pour la détermination du poids maximum de vapeur débitée.

2° *Calcul de* π par l'expression

$$\pi = V^{m^3} i_m \gamma \frac{2N}{60} \frac{1}{X+\Delta X} \quad (^2).$$

V, volume engendré par le piston; i_m, fraction de course du point maximum; γ, poids spécifique de la vapeur sèche pour la pression absolue du point maximum; N, nombre de tours; X, titre qu'il faut, à l'aide du diagramme entropique, évaluer adiabatiquement entre les pressions de la chaudière et du point maximum, mais en partant de la « courbe de saturation »; puis évaluer $X+\Delta X$, en ajoutant à la chaleur de vapeur du point de chute $(1-\rho)\lambda$ calories, c'est-à-dire 40 pour 100 de ladite chute.

Si l'on connaît le titre x_1 de la vapeur à sa sortie de la chaudière,

(¹) Séance du 7 juillet 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1917, p. 144.

employer de préférence l'expression

$$\pi = V^{m^3} i_m \gamma \frac{2N}{60} \frac{x_1}{x_2 + \Delta x_2},$$

x_2 étant déterminé adiabatiquement en partant du titre originel x_1; $x_2 + \Delta x_2$, dans les mêmes conditions que $X + \Delta X$.

3° *Détermination de* $\lambda_{(0^{kg},10)}$. — Partir de la « courbe de saturation » pour évaluer adiabatiquement la chute de chaleur entre la pression de la chaudière et $0^{kg},10$.

Si l'on connaît x_1, partir de cette valeur du titre, mais multiplier le résultat par $\frac{1}{x_1}$.

4° *Calcul de* φ. — Déduire de la confrontation des débits les pertes individuelles ε et ε' en pour 100, et diviser la somme de ces pourcentages par le nombre d'expansions

$$\varphi = \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{3} = \frac{\varepsilon + \varepsilon' + \varepsilon''}{4}.$$

5° *Calcul de* M. — Série d'expériences préalables et, une fois pour toutes, en calculant F par la méthode ordinaire et en utilisant les équations

$$(1) \qquad \rho_{(0^{k},10)} = \frac{F\,75}{\pi\,\lambda_{(0^{kg},10)}\,425}\left(1 + \frac{p - 0,10}{h_3 \frac{F}{b_3}}\right),$$

$$M = \rho_{(0^{kg},10)}(1 + \varphi) \qquad \text{(prendre la moyenne)}$$

(h_3 et f_3, ordonnée moyenne et puissance du dernier cylindre. On peut, sans erreur sensible, remplacer $h_3 \frac{F}{b_3}$ par $2,40$).

Pour une machine moderne dont M est inconnu, on pourra utiliser les valeurs ci-après déduites de multiples observations, l'erreur sur la puissance demeurant inférieure à 4 ou 5 pour 100 :

$$M \text{ (3 expansions)} = 0,640, \qquad M \text{ (4 expansions)} = 0,670.$$

L'*opération totale* (traitement des diagrammes, calcul des débits et calcul de la puissance) n'est pas plus longue que le calcul de la puissance seule par l'ordonnée moyenne, et elle fournit en même temps une donnée précise, extrêmement importante, sur la tenue économique actuelle de la machine.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les ondes électromagnétiques dans les milieux continus en mouvement.* Note [1] de M. **Louis Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

Supposons que le milieu soit le siège d'une onde électromagnétique persistante du second ordre en $\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$, V, la vitesse (a, b, c) et ses dérivées restant continues [2]. Cette onde sera du quatrième ordre par rapport à $\mathfrak{H}$, du premier ordre par rapport aux champs électrique et magnétique; d'ordre zéro par rapport au courant de polarisation, tandis que le courant de conduction restera continu. La méthode d'Hugoniot montre que les discontinuités en $\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$, V sont caractérisées par quatre quantités λ, μ, ν, φ, telles qu'on ait

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \delta\dfrac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial x^2}=\lambda\alpha^2, \qquad \delta\dfrac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial y^2}=\lambda\beta^2, \qquad \ldots, \qquad \delta\dfrac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial x\,\partial y}=\lambda\alpha\beta, \\ \delta\dfrac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial t\,\partial(x,y,z)}=-\lambda(\alpha,\beta,\gamma)\mathcal{V}, \qquad \delta\dfrac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial t^2}=\lambda\mathcal{V}^2; \qquad \ldots, \qquad \delta\dfrac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial t^2}=\varphi\mathcal{V}^2, \end{array}\right.$$

$\mathcal{V}$ désignant la vitesse de propagation de l'onde; α, β, γ les cosinus directeurs de sa normale et δ la variation éprouvée par chaque quantité à la traversée de l'onde.

Cela posé, on déduit des équations générales

$$(2)\quad \delta\Delta\mathcal{F}=\mu\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\left[-4\pi\delta u+\delta\frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial t\,\partial x}+a\delta\frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial x^2}+b\delta\frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial y\,\partial x}+c\delta\frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial z\,\partial x}\right], \quad \ldots;$$

$$\delta\frac{\partial}{\partial(x,y,z)}\left|\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial x}\right|=0,$$

μ étant la perméabilité magnétique du milieu supposé homogène et isotrope. Les trois dernières donnent, d'après (1),

$$(3)\quad |\lambda\alpha|=0,$$

ce qui exprime que la discontinuité (λ, μ, ν) est transversale. On a, d'autre part,

$$(4)\quad \delta u=k\left(\delta\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial t}+a\delta\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial x}+b\delta\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial y}+c\delta\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial z}\right),$$

---

[1] Séance du 23 juin 1924.

[2] Voir nos Notes des *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1693, 2065 et 2241.

k étant le coefficient de polarisation diélectrique, et

$$(5)\quad \delta\frac{\partial X}{\partial t} = -\varepsilon\delta\frac{\partial^2 V}{\partial t\,\partial x} - \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\left[\delta\frac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial t^2} + \left|a\,\delta\frac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial t\,\partial x}\right| - \frac{1}{\sqrt{\varepsilon'}}\left(c\,\delta\frac{\partial\mathfrak{B}_y}{\partial t} - b\,\delta\frac{\partial\mathfrak{B}_z}{\partial t}\right)\right], \ldots.$$

Mais on a, d'après (1) et les expressions de $\mathfrak{B}_x$, $\mathfrak{B}_y$, $\mathfrak{B}_z$ en fonction de $\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$,

$$(6)\quad \delta\frac{\partial\mathfrak{B}_x}{\partial(x, y, z, t)} = -\sqrt{\varepsilon'}(\beta\nu - \gamma\mu)(\alpha, \beta, \gamma, -\mathcal{V}), \ldots,$$

de sorte que (5) devient

$$(7)\quad \delta\frac{\partial X}{\partial(x, y, z, t)} = \left[-\varepsilon\varphi\alpha + \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}(\mathcal{V} - |a\alpha|)\lambda\right](\alpha, \beta, \gamma, -\mathcal{V}), \ldots.$$

Il résulte tout d'abord de (6) et (7) que la discontinuité de l'induction ou du champ magnétique est caractérisée par le vecteur

$$(8)\quad \lambda' = \beta\nu - \gamma\mu, \qquad \mu' = \gamma\lambda - \alpha\nu, \qquad \nu' = \alpha\mu - \beta\lambda,$$

et celle du champ électrique par le vecteur

$$(9)\quad (\lambda'', \mu'', \nu'') = -\varepsilon\varphi(\alpha, \beta, \gamma) + \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}(\mathcal{V} - |a\alpha|)(\lambda, \mu, \nu);$$

d'où, d'après (3),

$$(10)\quad |\lambda'\alpha| = 0, \qquad |\lambda\lambda'| = 0, \qquad |\lambda''\alpha| = -\varepsilon\varphi.$$

La discontinuité du champ magnétique est donc toujours transversale et normale à celle (λ, μ, ν) du potentiel vecteur total. Les vecteurs (λ, μ, ν), (λ', μ', ν') forment ainsi avec la normale à l'onde un trièdre trirectangle. De plus, si la discontinuité $(\lambda'', \mu'', \nu'')$ du champ électrique est transversale, elle est dirigée suivant celle du potentiel vecteur.

Les équations (2) deviennent alors, d'après (1), (4) et (7) et en tenant compte de l'hypothèse de Faraday-Mossotti,

$$(11)\quad \left[\frac{\mathfrak{A}}{\varepsilon\sqrt{2}}(\mathcal{V} - |a\alpha|)^2 - \frac{1}{K\mu\dfrac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}}\right]\lambda + (\mathcal{V} - |a\alpha|)\varphi\alpha = 0, \quad \ldots,$$

K désignant le pouvoir inducteur spécifique. On en déduit, d'après (3),

$$(12)\quad (\mathcal{V} - |a\alpha|)\varphi = 0.$$

I. On vérifie (12) en faisant $\mathcal{V} = |a\alpha|$, c'est-à-dire en supposant l'onde liée à la matière; d'après (11), (8) et (9), (λ, μ, ν), (λ', μ', ν') sont alors

nuls et $(\lambda'', \mu'', \nu'')$ est longitudinal, φ restant arbitraire. Ce cas correspond à celui des ondes stationnaires dans les milieux en repos.

II. On vérifie encore (12) en faisant $\varphi = 0$, de sorte que, d'après (10), $(\lambda'', \mu'', \nu'')$ est transversal; d'où, d'après (11),

$$\mathcal{V} = |a\alpha| \pm T,$$

T désignant la vitesse de propagation dans le milieu supposé en repos. Cette formule exprime que les ondes électromagnétiques sont totalement entraînées par le milieu en mouvement; elle explique très facilement l'aberration astronomique, mais non l'expérience de Fizeau. Ce désaccord, auquel aboutissait déjà l'électrodynamique de Hertz était à prévoir, puisque l'éther ne joue aucun rôle spécial dans la théorie que nous avons développée. Mais, par suite de cette circonstance, cette théorie a l'avantage d'expliquer d'elle-même le résultat négatif de l'expérience de M. Michelson, sans être obligé de modifier la notion de temps.

PHYSIQUE. — *Effet photo-électrique et température* (1).
Note (2) de M. **Maurice Curie**, présentée par M. G. Urbain.

Je me suis proposé d'étudier l'action de la température sur l'effet photo-électrique présenté par certaines substances contenant des impuretés phosphorogènes. Les déterminations furent faites dans l'air à la pression atmosphérique :

Le produit était répandu, en couche très mince, dans une petite cuvette circulaire de 55^{mm} de diamètre, ménagée à la surface d'un gros bloc cylindrique d'aluminium porté à -550 volts environ. Ce bloc s'emboîtait dans un manchon de chauffage électrique; la température était déterminée à l'aide d'un thermomètre. En regard du produit se trouvait une grille en relation avec un électromètre P. Curie-Debierne (sensibilité 1 volt $= 250^{mm}$ de l'échelle). Le sulfure et la grille étaient protégés par une cage métallique reliée au sol, isolée du bloc par une rondelle de mica. Une feuille de mica mince et transparent recouvrait la partie supérieure de la cage. Source de lumière : lampe à filament de 600 bougies. Condensateur en verre, cuve à eau.

(1) Séance du 7 juillet 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2244.

En éclairant le produit, j'observais d'abord une impulsion qui paraissait due à une modification des charges superficielles. Cette impulsion était suivie d'un courant à peu près constant. La grandeur de l'effet photo-électrique était mesurée par la vitesse moyenne de déviation pendant les 30 secondes suivant la fin de l'impulsion.

Je mesurais donc ainsi l'apport de charges négatives sur la grille et non plus un gain de charge positive du produit, comme dans le montage de Lénard.

Un chauffage lent et continu, produisant une augmentation d'environ 100° par heure, fournit les résultats les plus faciles à interpréter.

Sulfures de calcium. — J'ai tracé les courbes de la variation de l'effet photo-électrique avec la température entre 18° et 430°. L'examen des résultats expérimentaux obtenus aux températures de 18°, 100°, 200°, 300° et 400° fournit des indications suffisantes sur l'allure générale des courbes.

Préparation.	Concentration en bismuth.	Intensité de l'effet photo-électrique en millimètres d'échelle/sec. 18°.	100°.	200°.	300°.	400°.	Intensité de la fluorescence à 18°.
CaS n° 1....	0	0	0	0	0	0	nulle
CaS n° 2....	10^{-6} env.	7,9	0,85	0	0	0	faible
CaS n° 3....	1.10^{-4}	8,2	1,3	0	0,3	0,6	0,7
CaS n° 4....	1.10^{-3}	5,7	0,4	0	0,3	0,6	1
CaS n° 5....	1.10^{-2}	4,8	0,8	0	0,1	0,4	0,3
CaS n° 6....	5.10^{-2}	4,6	0,7	0	0,2	0,5	0
CaS G......	?	1,9	0,4	0	0,9	0,4	12
CaS n° 0....	5.10^{-4}	5,0	0,8	0,7	1,4	1,0	3
CaS n° 3....	1.10^{-3}	8,2	1,3	0	0,3	0,6	1
CaS com....	?	0,7	0,2	0	0,1	0,8	0,6 env.

A la température ambiante : 1° le sulfure sans bismuth ne donne pas d'effet photo-électrique; 2° l'effet photo-électrique apparaît avec le phosphorogène, mais ne semble guère dépendre de sa concentration; 3° l'effet photo-électrique ne suit pas l'éclat de luminescence.

Ces conclusions sont les mêmes que celles auxquelles j'étais arrivé en opérant dans le vide et par une méthode différente.

La température croissant : 1° Il y a une baisse très rapide de l'effet photo-électrique entre 18° et 100°. Cette baisse est probablement due en grande partie au départ d'humidité. Le sulfure devenant alors un excellent isolant, des charges positives superficielles empêcheraient la sortie des électrons (¹).

(¹) Les essais faits dans le vide ont montré, avec certains échantillons, une grande difficulté de dessiccation.

A 200°, il n'y a plus d'effet photo-électrique observable, ou un minimum d'effet;

2° Aux températures supérieures, l'effet photo-électrique réapparaissait, probablement par suite d'une augmentation de conductibilité du sulfure. On n'observe cependant pas une forte augmentation de l'effet. La surface du sulfure s'altère, et l'on ne peut guère dépasser 400°. Si on laisse refroidir, le courant devient nul. Le diluant sulfure de calcium, en refroidissement, attire alors les électrons; le courant de fuite spontanée disparaît complètement. Après un séjour prolongé à l'air, le sulfure fournit un effet photo-électrique bien inférieur à celui du début. Ce fait doit avoir pour cause l'altération superficielle lors du chauffage. Si l'on chauffe un sulfure de calcium jusqu'à 115° seulement, l'effet photo-électrique garde, après refroidissement et séjour dans l'air, une valeur assez grande;

3° J'ai étudié (¹) la variation de la fluorescence avec la température pour le sulfure n° 3. Sa fluorescence tombe rapidement entre 250° et 350°, pour devenir nulle vers 380°. Or, ce même produit présente à 430° un effet photo-électrique mesuré par 1,0. Ceci confirme que l'effet photo-électrique ne suit pas l'éclat de luminescence. La disparition de la luminescence de ce produit aux hautes températures s'explique, ainsi que je l'ai montré, par une augmentation de conductibilité du diluant sulfure de calcium.

Remarque. — Le sulfure G donnait ici un effet photo-électrique faible et assez constant, alors que dans le vide l'effet était très fort, mais diminuait rapidement. Ce sulfure émettait sans doute des électrons de très faibles vitesses. Pour tous ces sulfures, d'ailleurs, on ne peut constater d'effet photo-électrique en l'absence de tension.

Fluorines :

	Intensité de l'effet photo-électrique en mm d'échelle/sec.				Intensité de la fluorescence (bande violette)	
Fluorines.	18°.	100°.	200°.	280°.	18°.	200°.
Fluorine violette (Durham).	4,5	0,2	0	0	1	0,05
Fluorine verte (Auvergne).	1,5	1,2	0,3	0,3	1,5	0,07
Fluorine blanche (Durham).	20	120 env.	0,7	0,1	0	0

Toutes les fluorines contiennent des terres rares comme impuretés (²).

L'effet photo-électrique sur la fluorine blanche croît fortement quand on élève la température pour atteindre un maximum vers 100°. Cette hausse

(¹) MAURICE CURIE, *Thèse*, Paris, 1923.

(²) Voir, en particulier, J. URBAIN, *Le Radium*, t. 3, 1906, p. 247; t. 4, 1907, p. 43 et 91.

est probablement due à une augmentation de conductibilité du diluant. Les fluorines renferment, d'ailleurs, de l'eau, dont le départ tend à produire un effet inverse. L'effet photo-électrique, mesuré dans le vide, diminue par un séjour prolongé en présence d'anhydride phosphorique.

Sulfures de zinc. — J'ai examiné des sulfures très fortement phosphorescents de zinc, et de zinc et cadmium, à phosphorogène cuivre. Je n'ai observé aucun effet photo électrique dans l'air, même pour tension négative de 2000 volts environ et une insolation à la lumière directe de l'arc électrique entre charbons. Le même résultat négatif a été obtenu dans l'air à 400°, ainsi que dans le vide à 18°. Le diluant sulfure de zinc est bien meilleur isolant encore que le sulfure de calcium. Des charges positives superficielles s'opposent probablement à la sortie des électrons.

La conductibilité électrique des sulfures de zinc phosphorescents s'accroît fortement sous l'action de la lumière (Gudden et Pohl). J'ai constaté antérieurement que cet accroissement de conductibilité se développe quand la température s'élève jusqu'à une température à laquelle on ne peut plus provoquer la luminescence.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'oxyde de carbone.* Note (¹) de MM. **P. Lebeau** et **Ch. Bedel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le dosage de l'oxyde de carbone dans les mélanges gazeux, par son absorption au moyen des sels cuivreux, présente l'inconvénient de nécessiter un emploi répété des réactifs, en raison de la dissociation, déjà sensible à la température ordinaire, des composés cuivreux oxycarbonés formés. Récemment, M. Damiens (²) a fait connaître un réactif constitué par une suspension d'oxyde cuivreux dans l'acide sulfurique, permettant, dans les cas envisagés par cet auteur, d'absorber en une seule fois l'oxyde de carbone. Au cours d'une étude poursuivie par nous sur le même sujet, nous avions constaté que l'addition de certains composés organiques aux solutions de sels cuivreux et en particulier de corps à fonction phénolique facilitait la combinaison de ce gaz. Nous avons étendu ces essais au réactif proposé par M. Damiens et nous avons reconnu que le β-naphtol ajouté au mélange d'acide sulfurique et d'oxyde cuivreux entraînait la solubilisation d'une certaine quantité de ce dernier corps. La solution ainsi obtenue a,

(¹) Séance du 30 juin 1924.

(²) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 849.

comme le mélange d'acide sulfurique et d'oxyde cuivreux, la propriété de fixer l'oxyde de carbone et de donner, dans des limites que nous avons déterminées, une combinaison stable à la température ordinaire (¹).

Pour préparer ce nouveau réactif on met dans un flacon de 125^{cm^3}, 10^g de naphtol et l'on y ajoute une suspension formée de 5^g d'oxyde cuivreux dans un liquide préalablement refroidi contenant 95^{gr} d'acide sulfurique à 66° B. et 5^g d'eau. On maintient pendant quelques heures à l'agitateur mécanique et l'on filtre ensuite sur de l'amiante lavée à l'acide sulfurique, à l'eau et séchée. La liqueur, de couleur foncée, ainsi obtenue, est abandonnée au repos pendant quelques jours. Il se forme parfois un léger dépôt d'oxyde cuivreux que l'on sépare par décantation. On conservera le réactif en flacons bien bouchés, car au contact de l'oxygène de l'air il se produit lentement du sulfate cuivrique qui cristallise et rend le réactif visqueux, tout en diminuant son pouvoir absorbant. Les cristaux qui se forment ainsi sont presque incolores, ils correspondent au sulfate cuivrique à une molécule d'eau.

Lorsqu'il a été préparé, comme il vient d'être indiqué, ce réactif absorbe par centimètre cube environ 18^{cm^3} d'oxyde de carbone. Il contient environ 2,9 pour 100 d'oxyde cuivreux.

Si le réactif saturé d'oxyde de carbone est mis en contact avec une atmosphère d'hydrogène, la combustion eudiométrique permet de suivre la dissociation du composé cuivreux oxycarboné. On trouve que la dissociation cesse d'être sensible lorsque les proportions relatives de l'oxyde cuivreux en solution et celles de l'oxyde de carbone sont dans le rapport correspondant à la combinaison $SO^4Cu^2, 2CO$ déjà signalée par M. Damiens (²). En présence de β-naphtol, ce composé donnerait naissance à un système stable à la température ordinaire. Nous avons constaté que cette stabilité persiste même vers 100°, alors que la suspension d'oxyde cuivreux dans l'acide sulfurique fournit un composé oxycarboné qui par chauffage dégage son oxyde de carbone.

L'addition d'eau ne produit pas de décomposition avec départ d'oxyde de carbone. Un centimètre cube du réactif ayant absorbé $12^{cm^3},8$ d'oxyde de carbone, additionné progressivement de 7^{cm^3} d'eau, n'a pas donné trace de gaz.

Le réactif cuivreux au β-naphtol prend environ 20 fois son volume d'éthylène. Il fixe moins facilement l'acétylène. Il est sans action sur l'hydrogène, sur le méthane et ses homologues. L'oxygène ne réagit que lentement :

(¹) Dans les mêmes conditions l'α-naphtol fournit une bouillie jaunâtre très épaisse.

(²) Pratiquement on doit limiter l'action du réactif à une absorption d'oxyde de carbone correspondant à moins de 15 fois son volume.

après agitation de 10 minutes avec 5^{cm^3} de ce gaz, 1^{cm^3} de réactif n'a entraîné qu'une diminution de volume de $1^{cm^3},2$. Cette propriété le rend donc assez facile à manipuler. Il n'attaque pas rapidement le mercure et peut même rester sans inconvénient assez longtemps en contact avec ce métal.

Voici, à titre d'exemple, quelques applications de ce réactif :

Nature du mélange.	CO introduit pour 100.	Trouvé pour 100. I.	II.	III.
Hydrogène et CO	52,09	51,92	51,70	//
Air et CO	15,55	15,78	//	//
Hydrogène, CH^4, CO	5,88	6,01	6,07	//
»	10,11	9,99	10,30	//
»	33,70	33,50	33,70	33,95
»	34,20	34,40	34,00	34,40
Résidu du gaz d'éclairage après élimination de l'oxygène, des carbures éthyléniques et acétyléniques	//	12,75	12,83	12,85

En résumé, l'addition de β-naphtol au réactif de M. Damiens présente l'avantage de substituer à une suspension d'oxyde cuivreux dans l'acide sulfurique, une véritable solution dont l'emploi peut être plus facilement envisagé dans les appareils pour l'analyse des gaz. De plus, le pouvoir absorbant restant sensiblement le même, le composé cuivreux oxycarboné formé paraît être encore moins facilement dissociable.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Radioactivité et fixateurs d'azote.* Note [1] de MM. **E. Kayser** et **H. Delaval**, présentée par M. Moureu.

Dans une Note parue en 1913 [2], Stoklasa a étudié l'influence de la radioactivité de la pechblende (dose 20-80g dans un sac suspendu dans l'air au-dessus de 2l de milieu nutritif) sur divers microorganismes; il a trouvé que l'*Azotobacter chroococcum* était favorablement influencé par les émanations radioactives.

L'un de nous [3] a fait également voir que les sels d'urane (acétate d'ura-

[1] Séance du 7 juillet 1924.
[2] *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 879.
[3] *Annales de l'Institut national agronomique*, 2e série, t. 16, 1922, p. 11.

nium), additionnés directement au milieu de culture, avaient une action stimulatrice pour la fixation de l'azote atmosphérique.

Nous avons repris ces recherches en employant un minerai jaune pulvérisé utilisé par la Société générale métallurgique de Hobokon (provenance Congo belge) et que M. Lepape, du Collège de France, a mis gracieusement à notre disposition; ce minerai contient 60 pour 100 d'oxyde d'uranium et possède une teneur en radium de 173^{mg} par tonne; à l'analyse, on ne décelait aucune trace d'azote.

Dans un premier essai nous avons fait agir l'*Azotobacter agile* (souche employée pour étudier l'influence des radiations lumineuses (¹) dans le milieu mannité habituel seul (témoin A) ou additionné de $0^g,030$ par litre de poudre (ballon C) :

	Azote fixé par litre.
Témoin	$0^g,046$
Ballon C	$0^g,061$

il y a donc eu une augmentation de 15^{mg} d'azote fixé, soit 32,6 pour 100, après 40 jours de culture.

Nous avons ensuite répété une expérience analogue en employant le milieu mannité habituel (témoin A), additionné de 15^{mg} par litre (ballon B) et de 30^{mg} par litre de poudre radioactive (ballon C).

Nous avons utilisé l'*Azotobacter agile*, l'*Azotobacter chroococcum* et enfin un troisième azotobacter se rapprochant par quelques caractères de l'*Azotobacter agile* et isolé d'une terre provenant de la Grande Comore; les trois semences ont été préalablement rajeunies sans poudre pour le témoin ou avec trace infinitésimale de poudre. *Az. chroocc.*, 3 générations; Az. de la Comore, 3 générations; *Az. agile*, 4 générations; le milieu nutritif était en vase conique, abandonné à la température de 26°; on a procédé à l'analyse de l'azote (méthode Kjeldahl) au bout de 40 jours.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-après; ils se rapportent au litre.

Examen microscopique : *Azotobacter chroococcum*, formes rondes dans le témoin, plus allongées et plus nombreuses dans B et C; *Azotobacter de la Comore*, mêmes observations que pour le précédent; l'azotobacter était moins abondant dans le témoin; *Azotobacter agile*, ferments plus mobiles et plus allongés dans B et C que dans A.

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 969, et 172, 1921, p. 183.

La *coloration* des trois ballons avec l'*Az. chroococcum* était uniformément blanche ; pour l'Azotobacter de la Comore, on avait pour le ballon A beau vert; B jaune verdâtre, C très jaune; pour l'*Azotobacter agile*, A jaune verdâtre fluorescent, B brun verdâtre, C brun foncé.

Ces constatations laissaient prévoir une inégale action des trois ferments dans les trois ballons.

Azote en milligrammes par litre.

	Az. chroococcum.	Az. de la Comore.	Az. agile.
Témoin A	24,5	16	102
Ballon B	41,0	56	138
Ballon C	43,8	97	160

Ces chiffres donnent lieu aux augmentations suivantes par rapport aux témoins :

	Az. chroococcum.		Az. de la Comore.		Az. agile.	
Dose	15.	30.	15.	30.	15.	30.
Augmentation nette (en milligrammes)	16,5	19,3	40	81	36	58
Augmentation (pour 100)	67	78	250	506	35	56

Nous constatons que la poudre a donné lieu partout à une augmentation de la fixation de l'azote, variable avec l'espèce considérée; ajoutons que tous les ballons C où les microbes ont fixé le plus d'azote étaient également ceux dont l'attaque était la plus facile, la mannite ayant été détruite en majeure partie.

Nos expériences en cours nous enseigneront si par des générations successives en présence de doses optima de poudre il n'y a lieu d'obtenir des races plus fortes fixatrices d'azote dans le milieu liquide et dans le sol; les recherches de MM. Richet et Effront sur l'accoutumance des microbes à des conditions anormales autorisent en effet à envisager à cet égard des résultats intéressants et elles permettront peut-être de tirer un meilleur profit de l'ensemencement microbien dans le sol et de nous acheminer vers un accroissement plus facile de la fertilisation du sol.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Les roches éruptives grenues de l'Archipel de Kerguelen.* Note [1] de M. A. LACROIX.

En étudiant une série de roches recueillies en 1914 à Kerguelen par MM. Rallier du Baty et Loranchet, j'y ai rencontré [2] des fragments de roches grenues alcalines [*syénites néphéliniques* (avec enclaves micromonzonitiques), *essexites*, etc.] offrant un grand intérêt, non seulement à cause de leur constitution, mais encore parce que leur présence montre que, contrairement à ce que l'on croyait savoir jusqu'alors, cet archipel, situé à l'extrême sud de l'Océan Indien, n'est pas exclusivement constitué par des roches volcaniques. Aussi, lorsque, l'an dernier, M. Étienne Peau est parti à Kerguelen avec une expédition de chasseurs de phoques, pour recueillir des collections d'histoire naturelle, l'ai-je prié de chercher avec soin toute roche ne possédant pas l'aspect de lave.

M. Peau vient de rentrer de son voyage et, dans la collection qu'il a rapportée, au milieu de laves surtout basaltiques, se trouvent les roches qui font l'objet de cette Note. Elles ont été détachées de gros blocs gisant à la surface du sol au milieu d'éboulis de basalte, ou bien ont été recueillies à l'état de galets entraînés jusqu'à la mer par des torrents descendant de glaciers inexplorés. Aucune observation géologique n'a donc pu être faite sur leur mode de gisement en place.

Trois groupes de roches doivent être distingués :

---

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. **160**, 1918, p. 187.

Syénites néphéliniques et analcimiques. — Les échantillons que j'ai étudiés précédemment avaient été recueillis à une altitude d'environ 500ᵐ sur les flancs de l'un des monts Ballon, au fond du golfe des Baleiniers [1], sur la côte orientale de l'île centrale. M. Peau n'a pu visiter ce gisement, mais il a recueilli une roche analogue sur un petit îlot de la partie orientale de la baie d'Orvilliers (presqu'île Jeanne-d'Arc) à une altitude d'environ 50ᵐ; cette baie se trouve dans la même région, mais au nord du gisement précédent. Il s'agit là encore d'une syénite à structure foyaïtique (analyses 1 à 3); elle présente une tendance porphyrique par suite de l'existence de deux dimensions différentes dans les feldspaths aplatis suivant g^1 (orthose faculée d'orthose sodique); entre eux se trouvent de grandes plages d'analcime englobant quelques cristaux intacts de néphéline. Il existe une petite quantité d'un diopside blanc verdâtre partiellement transformé en ægyrine et aussi de l'ægyrine d'un vert foncé qui est surtout abondante dans l'analcime ou à son voisinage. Sous l'influence d'un rude climat, les surfaces exposées à l'air ont été creusées de cavités dues à la disparition de l'analcime et de la néphéline.

L'essexite que j'ai signalée antérieurement a été recueillie sur le plateau bordant le nord de la baie Cumberland, c'est-à-dire à l'extrémité septentrionale de l'île. Ces trois gisements de roches néphéliniques se trouvent donc dans la même région du nord et de l'est de Kerguelen.

Syénites quartzifères à lanéite et à ægyrine. — Dans le lit d'un torrent descendant du flanc septentrional du mont de Voltz, et débouchant dans la mer, au nord du Cap Dauphin, il existe en même temps que des blocs de basalte une grande quantité de galets très arrondis, très roulés de syénite quartzifère; le sable du ruisseau est en grande partie formé par des débris plus fins de la même roche qui se rencontre encore sur la côte voisine de l'embouchure. Cette syénite, très leucocrate, est essentiellement formée d'orthose faculée d'albite, très irrégulièrement suivant les échantillons, et aussi d'albite indépendante.

Ces feldspaths sont grenus ou aplatis suivant g^1; dans ce dernier cas, la roche est fréquemment miarolitique et dans ses cavités apparaissent des cristaux nets de quartz; une petite quantité de cristaux automorphes de diopside incolore ou vert clair sont distribués dans les feldspaths qui sont localement moulés par de grandes plages d'une amphibole (lanéite) d'un brun

---

[1] Cf. la Carte de Kerguelen de Henri et Raymond Rallier du Baty, Loranchet, George Saint-Lanne Gramont, publiée hors texte par *La Géographie*, t. 37, 1922, nº 1.

jaunâtre, devenant d'un vert bleuâtre sur les bords; certains échantillons sont riches en gros cristaux de zircon translucide rouge orangé. Une variété de cette même roche, comme elle assez quartzifère, renferme au lieu d'amphibole de grands cristaux d'ægyrine, en partie enveloppés par les feldspaths, partiellement postérieurs à ceux-ci (1).

La composition chimique (analyses 5 et 6) de ces syénites quartzifères est assez analogue à celle d'un trachyte existant en place au port Jeanne-d'Arc, mais renfermant moins de silice libre qui n'est pas exprimée (analyse 9).

Granites. — Ces syénites sont accompagnées par une aplite; ses feldspaths sont de même nature que ceux des syénites, mais ils se présentent en cristaux rectangulaires automorphes que moule du quartz; il existe un peu de biotite, une quantité notable de gros cristaux de zircon, de magnétite et de petites plages d'allanite d'un brun rouge foncé. L'analyse chimique (analyse 7; ZrO^2 n'a pas été dosée) montre la grande parenté de ce granite et des syénites précédentes.

A l'Anse du Gros Ventre (pied du glacier Arago) ont été recueillis de petits cailloux très roulés d'un granite beaucoup plus riche en quartz que le précédent et renfermant, çà et là, un peu de lanéite, alors que d'autres échantillons sont dépourvus de minéraux colorés. Les cailloux observés sont trop petits et trop variés pour qu'il m'ait paru possible de les faire analyser, mais il n'est pas douteux qu'ils n'appartiennent au même type chimique que les roches précédentes.

Ces diverses roches quartzifères ou quartziques proviennent de la même région, opposée à celle des roches à néphéline, de la péninsule de l'Amiral qui constitue l'extrémité sud-ouest de Kerguelen et dont tout le centre, inexploré, est constitué par des glaciers. Il y a lieu, toutefois, de remarquer que dans la baie Cumberland a été observé un filon de pechstein (analyse 8) rappelant ceux qui, à Madagascar (Ampasibitika), avoisinent les granites à ægyrine.

Eucrites. — Près du Dôme Rouge, et à son pied, dans la partie Sud-Ouest de l'île, au Port Jeanne-d'Arc, ont été trouvés des échantillons d'une roche à gros grain, d'un blanc jaunâtre, constituée par de la bytownite avec une petite quantité d'une augite brunâtre, incolore en lames

(1) Les cavités de cette syénite sont recouvertes de mamelons finement fibreux d'un minéral très biréfringent (fibres de signe positif), très réfringent, qui paraît constitué par une variété de zircon ou de baddeleyite.

minces; il n'existe pas de magnétite, mais seulement des traces de spinelle vert. La composition chimique de cette roche (analyse 12) se rapproche de celle des labradorites porphyriques à labrador (II'.5.4.4) assez fréquentes dans l'île, mais elle indique une richesse plus grande en molécules d'anorthite (77 pour 100). Cette roche n'est pas sans analogie avec quelques-unes de celles qui étaient si abondantes parmi les blocs de projection de l'éruption de la Soufrière de Saint-Vincent dans les Antilles (1902). Elle leur ressemble par l'absence de la magnétite et par la prédominance d'un plagioclase très basique, mais ici ce feldspath n'a pas l'aspect de microtinite, il possède l'apparence de celui d'une eucrite normale; d'ailleurs cette roche qui forme d'énormes blocs constitue certainement des gisements en place, car elle porte la trace de déformations structurales importantes, manifestées par la torsion des macles des feldspaths et localement par une granulation caractéristique.

Si aucun renseignement n'a pu être recueilli sur les relations de ces différentes roches et des basaltes au milieu desquels elles ont été trouvées en blocs épars, il est possible de faire à leur sujet quelques remarques.

Les syénites alcalines offrent l'analogie la plus grande, à tous égards, avec celles connues en intrusions dans le Trias du massif de l'Ambohitrosy ([1]) (analyse 10) de la région Sakalava à Madagascar et aussi avec celle constituant un sill au milieu des basaltes de la Chapelle de Cilaos dans le massif du Piton des Neiges à la Réunion (analyse 11). Là, comme ici, ces syénites alcalines sont accompagnées de coulées basaltiques plus récentes. Bien qu'à Kerguelen, l'eucrite n'ait pas été recueillie dans la même région que les syénites et les granites alcalins, je ferai remarquer qu'à Madagascar, dans le pays Sakalava encore, au mont Fonjay, une roche gabbroïque, une allivalite, leucocrate comme l'eucrite de Kerguelen, est associée à des granites alcalins dans une région basaltique. Quant à la syénite néphélinique, dont la composition chimique est remarquablement analogue à celle des phonolites de la même île (analyse 4), son gisement peut être sans doute comparé à celui du piton central du massif du Kénia et à celui des gisements du nord-ouest de Madagascar et du centre de Tahiti.

Les analogies que je viens de souligner permettent de penser qu'à Kerguelen, comme à Madagascar, à Tahiti, etc., ces roches alcalines ne sont pas d'âge ancien; elles sont liées aux roches volcaniques qui les accompagnent et sont vraisemblablement intrusives dans certaines d'entre elles.

([1]) *Minéralogie de Madagascar*, t. 2, p. 606, etc.

Celles-ci correspondent certainement à de longues périodes géologiques (Pléistocène, Tertiaire, peut-être même pour certaines d'entre elles Crétacé), si l'on en juge par l'intensité de l'érosion qui les a démantelées. Beaucoup de ces roches présentent des altérations extrêmement prononcées, mais celles-ci sont essentiellement dues à des phénomènes superficiels.

Les collections recueillies par M. Peau nous apprennent quelque chose de nouveau. Elles permettent, en effet, de montrer qu'il existe des preuves de l'existence d'une formation volcanique certainement beaucoup plus ancienne et dont l'altération est due à une autre cause; elles apportent ainsi des précisions sur une question déjà discutée par les géologues qui ont étudié antérieurement l'Archipel.

J. Roth(1) et Th. Studer(2) en s'appuyant sur la rencontre d'un échantillon de diorite micacée et de roches qu'ils ont appelées « porphyre rouge, labradorite porphyrique et dolomie », ont émis l'hypothèse de l'existence à Kerguelen d'une série éruptive et sédimentaire très ancienne, peut-être paléozoïque. A. Renard (3) a combattu cette hypothèse, en se basant sur les blocs de roches granitiques et gneissiques qui ont été ramenés en abondance par les sondages du *Challenger* effectués entre Kerguelen et l'île Heard; il a conclu en effet que ces blocs, aussi bien que les roches précitées, ont dû être apportés de l'Antarctique par les glaces flottantes.

Les conditions dans lesquelles se présentent les roches dont il me reste à parler ne laissent pas de place à une semblable interprétation. Elles ont été recueillies, en effet, en même temps que les syénites à ægyrine et, comme elles, elles sont à l'état de galets ou de fins graviers, non pas accidentels mais très abondants, elles proviennent incontestablement de l'intérieur de la péninsule de l'Amiral.

Ces roches sont noires, compactes, tantôt homogènes, tantôt finement porphyriques ou vacuolaires, mais avec vacuoles toujours complètement remplies par des minéraux blancs ou verts; ceux-ci constituent également le ciment d'un conglomérat dont la solidité et la ténacité contrastent avec la moindre cohésion des conglomérats volcaniques récents.

L'examen microscopique fait voir qu'il s'agit là de roches volcaniques, dans lesquelles l'on ne distingue plus que des plagioclases, généralement albitisés, en microlites et parfois en phénocristaux. Le remplissage des

(1) *Monatsber. d. K. preuss. Akad. Wissensch. Berlin*, t. 40, 1875, p. 729, 730 et 738.

(2) *Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesellsch.*, t. 40, 1878, p. 349.

(3) *Report on the Petrology of Oceanic Islands* (*The Physics and Chemistry of the Voyage of M. S. Challenger*). Vol. 2, Part. VII, 1889, p. 139.

vacuoles et le ciment du conglomérat sont formés par du quartz associé, en proportions très variées, à de l'albite, à de l'épidote, à de la delessite et quelquefois à de la calcite qui constitue alors le dernier minéral du remplissage des vacuoles. Il s'agit donc là d'une formation *spilitique* offrant l'analogie minéralogique la plus grande avec celle de l'Angleterre et de l'Europe continentale. Il ne me semble pas douteux qu'il n'existe à Kerguelen une série volcanique beaucoup plus ancienne que celle étudiée jusqu'à présent et ayant subi des transformations d'un autre ordre.

Toutes les recherches effectuées jusqu'ici dans l'archipel ont été effectuées sur ses côtes si extraordinairement dentelées; il est fort vraisemblable qu'une étude très approfondie de la partie centrale de la grande île, ou tout au moins des roches des torrents descendant des hauteurs couvertes par les glaciers, apporterait des notions importantes sur la constitution de ce dernier reste d'une vaste terre qui s'est étendue jadis fort loin au Sud dans la direction de l'Océan Antarctique [1].

Voici l'analyse [M. Raoult, sauf le n° 11 (M. Boiteau)] de ces diverses roches, avec l'indication de leurs paramètres magmatiques.

1. *Syénite néphélinique.* M[t] Ballon	I'.'6.1(2).4
2. *Syénite néphélinique et analcimique.* Baie d'Orvilliers	I'.5(6).1.'4
3. *Micromonzonite analcimique* (enclavée dans 1). M[t] Ballon.	II(III).6.2.4
4. *Phonolite.* Port Greenland	I'.6.1.4
5. *Syénite quartzifère à ægyrine.* N. Cap Dauphin	1(11).(4)5.1.(3)4
6. *Syénite quartzifère à lanéite.* N. Cap Dauphin	I'.'5.1.3(4)
7. *Granite à biotite.* N. Cap Dauphin	I.4(5).1(2).3(4)
8. *Pechstein* (filon). Baie Cumberland	I.'4.(1)2.4
9. *Trachyte à augite.* Port Jeanne-d'Arc	I'.5.1.3(4)
10. *Syénite quartzifère à ægyrine :* Ambohitrosy (Madág.)	I'.(4)5.1'.'4
11. *Syénite quartzifère à ægyrine :* La Chapelle de Cilaos (Réunion)	(I)II.4(5).1.3(4)
12. *Eucrite.* Dôme Rouge	II.5.(4)5.4'

(1) Entre Kerguelen et l'île Heard, située à 260 milles plus au Sud, les sondages du *Challenger* n'ont fait rencontrer que des fonds variant entre 80 et 150 brasses.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
SiO^2	56,92	57,52	48,22	55,46	65,80	65,12	67,48	68,52	63,82	63,70	64,01	47,72
Al^2O^3	20,63	18,38	16,39	21,16	15,05	16,46	16,08	12,14	17,39	15,97	13,96	24,38
Fe^2O^3	2,74	4,30	4,54	2,12	3,57	2,34	2,03	1,26	2,42	4,40	7,31	1,19
FeO	2,49	1,23	5,81	1,94	1,89	2,15	1,42	1,36	1,46	2,83	0,20	2,23
MgO	0,57	tr.	3,82	0,29	tr.	tr.	tr.	0,58	tr.	0,39	0,21	3,96
CaO	1,14	1,32	7,64	1,22	1,14	1,32	1,42	1,36	2,14	1,00	1,02	17,44
Na^2O	8,43	7,45	5,38	9,87	6,34	6,11	5,34	4,43	6,04	5,76	5,30	1,35
K^2O	4,61	5,51	3,55	5,07	4,81	5,60	5,35	3,05	6,01	4,42	5,10	0,45
TiO^2	0,24	0,23	2,72	0,34	0,39	0,43	0,28	0,18	0,32	0,65	1,66	0,21
P^2O^5	»	0,17	0,39	tr.	0,14	0,11	0,12	»	0,21	0,14	0,08	0,07
H^2O (+)	1,42	3,08	1,57	1,92	0,66	0,33	0,38	3,77	0,05	0,29	1,38	1,06
» (—)	0,44	0,88	0,34	0,44	0,05	0,13	0,17	3,34	0,14	0,23		0,34
MnO	n. d.	0,29	n. d.	0,07	0,23	0,17	0,07	n. d.	0,08	n. d.	n. d.	0,05
	100,12(1)	100,36	100,37	100,12(2)	100,07	100,27	100,14	100,07(3)	100,08	99,78	100,23	100,45

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Mouvement d'ensemble d'une masse fluide hétérogène, soumise à l'attraction mutuelle de ses particules, autour de son centre de gravité.* Note de M. **Paul Appell**.

De nombreux travaux, parmi lesquels je cite seulement ceux de H. Poincaré et de Liapounoff, ont eu pour objet l'étude des figures d'équilibre relatif d'une masse fluide tournant autour d'un axe de direction fixe passant par son centre de gravité. Je me propose de montrer que ce genre de mouvements est le seul possible, même si la masse est hétérogène d'une façon quelconque. J'ai déjà démontré ce fait, en supposant que la densité ρ du fluide est fonction de la seule pression P, dans le n° 16 du quatrième volume de mon Traité de Mécanique rationnelle. En prenant les notations de ce numéro et rapportant le système à ses axes principaux d'inertie relatifs au centre de gravité, on a, pour l'équation de l'équilibre par rapport à ces axes,

$$\frac{1}{\rho}\,dP = X\,dx + Y\,dy + Z\,dz,$$

$$X = f\frac{\partial V}{\partial x} + (p^2 + q^2 + r^2)x - (px + qy + rz)p + r'y - q'z,$$

. . . .

---

(1) Cl 0,49.
(2) Cl 0,22.
(3) Cl 0,08.

Si ρ est quelconque, on doit avoir

$$X\left(\frac{\partial Y}{\partial z}-\frac{\partial Z}{\partial y}\right)+Y\left(\frac{\partial Z}{\partial x}-\frac{\partial X}{\partial z}\right)+Z\left(\frac{\partial X}{\partial y}-\frac{\partial Y}{\partial x}\right)=0,$$

ce qui donne

$$f\left(p'\frac{\partial V}{\partial x}+q'\frac{\partial V}{\partial y}+r'\frac{\partial V}{\partial z}\right)+(p^2+q^2+r^2)(p'x+q'y+r'z)$$
$$-(px+qy+rz)(pp'+qq'+rr')=0,$$

relation qui doit avoir lieu quels que soient x, y, z. Si les trois dérivées partielles du potentiel $\frac{\partial V}{\partial x}$, $\frac{\partial V}{\partial y}$, $\frac{\partial V}{\partial z}$ ne sont pas linéaires en x, y, z, on démontre, par un raisonnement qu'il serait trop long de reproduire ici, que $p'=q'=r'=0$; si les trois dérivées partielles sont linéaires, la formule $\Delta V=-4\pi\rho$ montre que ρ est constant, et l'on arrive à la même conclusion. On en déduit que le seul mouvement d'ensemble possible est une rotation autour d'un axe de direction fixe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des monoalcoylpulégones.* Note [1] de M. A. **Haller** et de Mme P. **Ramart**.

Comme la menthone, le camphre, la thuyone, les cyclopentanones et cyclohexanones, la pulégone est susceptible de donner naissance à des dérivés alcoylés quand, après avoir été traitée au préalable par de l'amidure de sodium, on soumet le dérivé sodé à l'action des iodures alcooliques.

Indépendamment de l'intérêt en soi que présentent ces nouveaux composés dont l'un possède une fine odeur rappelant celle du vétivert, ils devaient nous servir, en raison de leur structure de molécules non saturées, de matières premières pour la préparation d'α-alcoyl-β-méthylcyclohexanones actives et d'acides α-alcoyl-β-méthyladipiques. On sait, en effet, que la pulégone fournit, par hydrolyse, de la β-méthylcyclohexanone et, par oxydation, de l'acide β-méthyladipique.

En admettant qu'au cours de l'alcoylation la configuration interne de la pulégone n'est pas modifiée, on est en droit de supposer que ces dérivés se

(1) Séance du 16 juillet 1924.

scindent, comme la substance mère, suivant le schéma :

$$\begin{array}{l} \text{Pulégone alcoylée : } H^2C\text{—}CH.CH^3\text{—}CHR \ ;\ H^2C\text{—}C\text{—}CO \ ;\ C = C(CH^3).CH^3 \end{array}$$

$$\left\{\begin{array}{l} + H^2O = \begin{array}{c} CH.CH^3 \\ H^2C \quad CHR \\ H^2C \quad CO \\ CH^2 \end{array} + CH^3.CO.CH^3 \\ + OH = HO^2C\text{-}CH^2.CH^2\text{-}\overset{CH^3}{CH}\text{-}\overset{R}{CH}\text{-}CO^2H + CH^3.CO.CH^3 \end{array}\right.$$

Malheureusement, les faibles rendements obtenus dans nos opérations, par suite de la condensation de la pulégone sur elle-même sous l'influence de l'amidure de sodium, ne nous ont pas permis de réaliser notre programme. Nous nous bornons en conséquence à décrire les monoalcoylpulégones préparées.

Retirée de l'essence de pouliot, notre pulégone distillait à 110°-111° sous 20^{mm}. Ses constantes étaient les suivantes :

$$D_4^{15} = 0,9376; \qquad (\alpha)_D^{15} = +22°4'.$$

Mode opératoire. — Un quart de molécule de pulégone, étendue de plusieurs fois son volume d'éther anhydre, est introduit dans un ballon muni d'un appareil à reflux. On y ajoute un quart de molécule d'amidure de sodium finement pulvérisé et l'on chauffe pendant une demi-heure environ. Au dérivé sodé ainsi formé on ajoute peu à peu la quantité théorique de l'iodure alcoolique étendu de son volume d'éther. La double décomposition s'effectue et de l'iodure de sodium se précipite. On achève la réaction en maintenant le mélange à l'ébullition pendant quelque temps. Après refroidissement, on traite par l'eau et l'on décante la couche éthérée. Desséchée sur du sulfate de sodium anhydre, cette solution est distillée, pour éliminer l'éther, et le résidu est rectifié sous pression réduite. On recueille d'abord un peu de pulégone, puis le corps cherché; mais il reste toujours un résidu assez important, d'aspect visqueux, constitué par un produit de condensation de la pulégone sur elle-même. En raison de la formation de ce dernier produit les rendements en alcoylpulégones sont relativement très faibles. Dans les cas les plus favorables (méthylpulégone et allylpulégone) ce rendement n'a pas dépassé 20 pour 100.

Nous avons cherché à améliorer nos opérations en variant les conditions de l'expérience. Qu'on opère la sodation à chaud ou à froid, en milieu éthéré ou en milieu benzénique, qu'on introduise la pulégone sodée dans

l'iodure alcoolique ou vice versa, on ne peut éviter la condensation de la cétone sur elle-même.

Nous avons fait entrer en réaction les iodures de méthyle, d'éthyle, de propyl normal, d'isobutyle et d'allyle et nous avons obtenu les alcoylpulégones avec un rendement décroissant à mesure que le poids moléculaire augmente. L'iodure d'allyle fait exception. L'allylpulégone se produit avec un rendement voisin de celui de la méthylpulégone.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les constantes physiques des cétones préparées :

	P. E.		D_4^{15}.	α_D à 15/l = 50mm.	$[\alpha]_D = \frac{\alpha}{ld}$.
Méthylpulégone....	114°	sous 19mm	$D_4^{23} = 0,9256$	—11°15′	—26°24
Éthylpulégone.....	117-121	» 20	$D_4^{15} = 0,9315$	11.44	25.12
Propylpulégone....	127-131	» »	» 0,9476	10.30	22.10
Isobutylpulégone...	128-132	» »	» 0,9225	8.31	18.28
Allylpulégone......	129-133	» »	» 0,9399	13.8	27.86

Toutes ces alcoylpulégones constituent des liquides à odeur rappelant celle de la pulégone. L'allylpulégone possède toutefois une odeur plus fine, plus parfumée qui se rapproche à la fois de celle du vetivert et de l'ionone et est susceptible de recevoir une application.

Semicarbazones. — Ces composés ont été préparés suivant la manière habituelle avec une solution acétique de semicarbazide. A part les semicarbazones des méthyl et isobutylpulégones qui restent liquides, les autres sont solides et après purification et recristallisation dans l'alcool fondent respectivement à :

Éthylpulégone semicarbazone........................	F. 216°
Propylpulégone semicarbazone........................	F. 170
Allylpulégone........................	F. 196

En résumé comme le menthone (¹), dont elle ne diffère que par deux atomes d'hydrogène en moins et dont elle possède la structure générale, la pulégone se prête, il est vrai plus laborieusement, à la substitution de radicaux alcooliques à l'hydrogène du groupement méthylénique qui se trouve en position α vis-à-vis de la fonction cétonique. Soumis à l'action de l'hydrogène, en présence du nickel, ces composés doivent reproduire les alcoylmenthones et menthols, avec leurs stéréo-isomères, comme la pulégone elle-même fournit dans les mêmes conditions des menthones et menthols stéréo-isomères (²).

(¹) A. HALLER, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1139.
(²) A. HALLER et C. MARTINE, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1298.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité de quelques sources thermales de Madagascar (bassin d'Antsirabe) et de la Réunion.* Note [1] de MM. Ch. Moureu, A. Lepape et H. Moureu.

Nos études, entreprises à la demande de M. le Gouverneur Général de Madagascar et de M. le Gouverneur de la Réunion, ont été effectuées soit, sur place, en août-septembre 1923 (détermination du radon ou émanation du radium, recherche du thoron ou émanation du thorium), soit à Paris.

A Madagascar, nos recherches ont porté sur dix-sept sources (eaux et gaz) ou dégagements gazeux secs, qui tous, sauf les deux sources de Ranomafana-sur-Namorona, appartiennent au bassin hydrothermal d'Antsirabe.

A la Réunion, les sources les plus importantes de l'île ont été examinées.

1. Deux traits dominants caractérisent la géologie du bassin hydrothermal d'Antsirabe : 1° ce bassin appartient au puissant massif volcanique de l'Ankaratra (4000^{km^2}, environ, au sud-ouest de Tananarive), dont les appareils les plus récemment actifs sont situés aux alentours même d'Antsirabe [2]; 2° le sous-sol granitique ou gneissique sur lequel reposent les roches volcaniques est injecté de filons de pegmatites qui, dans les environs d'Antsirabe, sont particulièrement riches en minéraux uranifères [3].

Au point de vue qui nous intéresse, nous citerons comme particulièrement curieux le gisement d'autunite des alluvions tourbeuses de Vinaninkarena (à 10^{km} environ sud-sud-est d'Antsirabe), qui témoigne d'une façon visible de l'action dissolvante des eaux superficielles ou souterraines sur les titano-niobates uranifères contenus dans les roches de la région [4].

Les sources du bassin d'Antsirabe doivent au volcanisme, dont elles ne sont que les vestiges persistants et affaiblis, leur richesse en bicarbonates alcalins et anhydride carbonique gazeux [5].

---

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) Cf. A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, Paris, 1922-1923, t. 1, p. 118.

(3) A. Lacroix, *Ibid.* t. 2, p. 277 et suiv.

(4) A. Lacroix, *Ibid.*, t. 1, p. 361.

(5) Les seules sources du bassin dont il existe une analyse chimique sont celles d'Antsirabe, de Betafo, de Ramainandro et d'Antsirakely. Une nouvelle analyse des sources d'Antsirabe, aussi complète que possible, vient d'être effectuée, à notre demande et d'après nos suggestions, par MM. Colin, pharmacien-major, et Foucque, directeur du Laboratoire de Tananarive. Les résultats en seront publiés au cours d'une étude que le Dr Monnier fera paraître prochainement dans les *Annales de l'Institut*.

De la concentration élevée en radioéléments que présentent les roches sous-jacentes résultera-t-il pour ces sources une radioactivité très élevée? En d'autres termes, les sources du bassin hydrothermal d'Antsirabe, que la nature de leur gisement et de leur minéralisation apparentent si étroitement à celles de notre Plateau Central (Vichy et Royat, notamment), s'éloigneront-elles de ces dernières par une forte radioactivité?

2. On a longtemps admis, soit *a priori*, soit à la suite d'observations et d'expériences peu démonstratives, que les eaux d'Antsirabe étaient très radioactives. Des premières mesures systématiques exécutées sur place, en 1916, par le D[r] Salvat, directeur de l'Institut Pasteur de Tananarive, il résulterait que la radioactivité des gaz spontanés de la source Perrier de la Bathie serait de 1269 millimicrocuries de radon par litre, et que celle de l'eau « paraît intense » (¹). Le nombre précédent, s'il était correct, placerait la source Perrier de la Bathie au premier rang des sources radioactives du monde entier; on verra ci-dessous que nos propres recherches sont loin de confirmer ce classement. Il semblait donc intéressant de reprendre, avec une technique plus rigoureuse que celle mise en œuvre jusqu'alors, l'étude de la radioactivité de la source Perrier de la Bathie et de soumettre à l'exploration radioactive tout le bassin hydrothermal d'Antsirabe.

Nous avons établi à Antsirabe un véritable laboratoire de mesures radioactives. L'installation, transportée au laboratoire officiel de Saint-Denis, nous a permis d'exécuter, dans les mêmes conditions, l'étude des sources de la Réunion. Pour les mesures, nous nous sommes servis de l'électroscope Curie, modèle de MM. Cheneveau et Laborde (condensateur de 3 litres).

a. Détermination du radon. — Le radon (émanation du radium) a été recherché et dosé dans les gaz spontanés (sur 1 litre) et dans les eaux.

Pour l'eau, le prélèvement est fait, par aspiration dans un ballon « pyrex » (1 ou 2 litres), préalablement vidé d'air (au griffon même); et la totalité du radon dissous est introduite dans l'appareil de mesure, suivant la « méthode par ébullition ».

Nous avons apporté aux nombres trouvés les corrections relatives à la nature et à la pression du mélange gazeux soumis à l'ionisation dans l'appareil de mesure (²).

Nous réunissons ci-après nos résultats; ils expriment, en millimicro-

---

d'Hydrologie et de Climatologie. Des essais qualitatifs, effectués sur toutes les eaux dont nous nous sommes occupés, nous ont permis de vérifier que les eaux minérales du bassin d'Antsirabe sont bicarbonatées, chloro-sulfatées (sauf l'eau de Sahatsio), sodiques, calciques et ferrugineuses.

(¹) P. Salvat, *Journal officiel*, Tananarive, 16 septembre 1916.

(²) A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1613.

curies (10^{-9} curie), la quantité de radon présente dans un litre de gaz ou d'eau à l'émergence. En tenant compte des débits connus ou mesurés par nous, nous avons pu calculer dans quelques cas la puissance radioactive [1].

Les localités et les sources sont classées par ordre alphabétique :

Stations et sources.	T°.	Radon, en milli-microcuries par litre, à l'émergence. Gaz (sec, 0°-760mm).	Eau.	Puissance radioactive (en mg. Ra). Gaz.	Eau.
I. Sources de Madagascar.					
1. Bassin d'Antsirabe :					
Ambohibary	14°,1	5,10	0,32	»	»
Antsirabe : S. de l'Abattoir	41,6	8,8	1,15	0,13	»
» S. Perrier de la Bathie	51,0	5,01	0,53	1,20	0,57
» S. Ranovisy	42,7	0,36	0,028	0,14	0,045
» Trou du Poulet (gaz sec)	19,5	5,2	»	2,18	»
» Trou du Vazimba (gaz sec)	17,9	3,0	»	0,39	»
» Puits Alexander (potable)	»	»	1,11	»	»
Antsirakely : S. du Nord	23,8	14,3	1,11	0,18	»
» S. du Sud	27,2	0,86	0,13	»	»
Antsiravory	26,9	2,61	0,14	0,035	»
Betafo	55,1	»	2,13	»	»
Ramainandro	20,6	2,04	0,84	»	»
Sahatsio : S. ferrugineuse	20	»	1,46	»	»
» S. Truchet	17,2	32,1	1,68	»	»
Gisement d'autunite de Vinaninkarena (eau stagnante, gal. n° 4)	»	»	8,83	»	»
2. Ranomafana-s/-Namorona :					
S. de la Cabine (sulfurée)	46,9	»	0,77	»	»
S. de la Montagne (sulfurée)	43	4,55	0,51	»	»
II. Sources de la Réunion :					
Bras-Cabot	22,1	»	0,026	»	»
Cilaos : S. froide	23,5	»	0,36	»	»
» S. principale	38,2	3,18	0,30	»	»
» Piscine n° 1	37,8	1,6	0,16	»	»
» Piscine n° 4	38,6	1,68	0,17	»	»
Hellbourg : S. principale	31,7	1,04	0,13	»	»
Mafate : S. inférieure (sulfurée)	27,5	»	0,20	»	»
» S. supérieure (sulfurée)	27,2	»	0,18	»	»

(1) Masse de radium susceptible d'engendrer continuellement une quantité de radon égale à celle apportée par la source (A. Brochet).

b. Recherche du thoron. — Nous avons recherché le thoron dans les gaz de la source Perrier de la Bathie, par la méthode de l'activité induite, en utilisant le dispositif décrit récemment par A. Lepape. Après exposition de 48 heures, sous un potentiel négatif voisin de 300 volts, la feuille d'aluminium ($50^{cm} \times 18^{cm}$) collectrice du dépôt d'activité induite a présenté, en fonction du temps, la variation d'activité suivante (en unités arbitraires) :

Activité induite (gaz de la source Perrier de la Bathie).

Initiale.	Après 7 heures.	Après 18 heures.	Après 75 heures.
1,34...............	0,02	0,01	0

Le courant d'ionisation initial, dû principalement au dépôt d'activité induite du radium, décroît rapidement jusqu'à une faible valeur. Celle-ci diminue ensuite de moitié en 11 heures environ, allure qui caractérise la destruction du dépôt d'activité induite du thorium.

Les valeurs observées montrent qu'à son émergence la source ne contient plus que des traces de thoron, fait généralement constaté.

c. Détermination du radium présent dans les eaux et les dépôts des sources (en commun avec M. Marcel Geslin). — En vue d'obtenir une exactitude suffisante (erreur estimée inférieure à 5 pour 100) pour nos dosages de radium, nous avons mis en œuvre des volumes d'eau importants (60 litres).

Après acidulation par l'acide chlorhydrique pur et concentration dans le vide (en ballon « pyrex » de 3 litres), le dépôt formé en cours d'évaporation et celui obtenu par addition, à la liqueur concentrée, de chlorure de baryum en excès, sont traités à chaud par une solution concentrée de carbonate de sodium. Le résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique est ensuite soumis à la fusion carbonatée, en creuset de platine, jusqu'à solubilisation intégrale. Toutes les liqueurs chlorhydriques sont réunies (2 à 3 litres) et, après ébullition, conservées en vase clos pendant un laps de temps déterminé. On dose alors le radon engendré, par la méthode à l'ébullition, et l'on en déduit la quantité de radium présente. Nous nous sommes astreints à obtenir des liqueurs conservant une limpidité parfaite.

Voici nos résultats, exprimés en milliardièmes de milligramme (10^{-12} gr) de radium par litre d'eau ou par gramme de résidu salin fixe ou de dépôt.

Stations et sources.	Résidu fixe par litre d'eau.	Radium, en 10^{-12} gr par litre d'eau.	par gramme de résidu fixe.	par gramme de dépôt.
I. Madagascar :				
Antsirabe (S. Perrier de la Bathie).	4,40 g (1)	39,7	9,0	102 (2)
» (S. Ranovisy)........	4,49 (1)	50,6	11,3	122 (3)
Ranomafana-s/-Namorona.........	»	8,3	»	»
II. La Réunion :				
Hellbourg (S. Principale).........	1,342 (4)	33,3	24,8	»
Cilaos (S. Principale)............	1,266 (4)	5,1	4,1	»

3. Nos expériences établissent la présence du radon et du radium dans toutes les sources où ces radioéléments ont été recherchés, et nous avons trouvé du thoron dans la source examinée à ce point de vue. Cependant il est curieux d'observer que, sur les vingt et une sources minérales étudiées, aucune ne se soit montrée fortement radioactive. Ce fait ne laisse pas de surprendre, quand on considère combien les roches profondes du bassin d'Antsirabe sont riches en minéraux radioactifs. Les sources d'Antsiravory et d'Antsirakely, toutes voisines qu'elles soient du gisement d'autunite de Vinaninkarena, où, nous l'avons vu ci-dessus, l'action des eaux sur les minéraux uranifères est indéniable, n'en sont pas moins fort peu radioactives. A Antsirabe, le gaz de la source Perrier de la Bathie est, en réalité, deux cent cinquante fois moins radioactif que ne l'avait annoncé M. Salvat; et nous ne saurions dire à quoi tient l'énorme différence présentée par les résultats de cet auteur et les nôtres. Les teneurs en radon et en radium de cette source sont du même ordre de grandeur que celles généralement présentes dans les eaux minérales peu radioactives. L'eau la plus radioactive (2,13) que nous ayions rencontrée est celle de la source non gazeuse, très chaude et peu minéralisée, de Betafo; au second rang se placent les sources de Sahatsio, le gaz de la source Truchet étant le plus riche en radon (32,1) de tous ceux étudiés.

Mais la faible radioactivité des eaux minérales du bassin d'Antsirabe

(1) D'après MM. Colin et Foucque (1923).
(2) Dépôt ferrugino-calcaire recueilli sur le pourtour du griffon.
(3) Dépôt ferrugino-calcaire recueilli sur la surface extérieure du tube de sondage.
(4) D'après M. Bénard (1913).

s'explique si l'on admet qu'elle est, comme la composition chimique de ces eaux, une conséquence du volcanisme. On sait que, parmi toutes les roches de l'écorce terrestre, les produits volcaniques sont, en moyenne, les plus pauvres en radioéléments; et l'on observe, au surplus, que les sources bicarbonatées, toujours en relation avec des phénomènes volcaniques, ne sont que tout à fait par exception très radioactives. Dans notre Plateau Central, par exemple, sur trente-huit sources appartenant aux stations de Vichy, Mont-Dore, Saint-Nectaire, Royat, La Bourboule, trois seulement (La Bourboule, s. Choussy; Royat, s. Saint-Mart et s. Saint-Victor) sont fortement radioactives. Cette remarque rapproche donc encore les sources du bassin d'Antsirabe de celles de notre Plateau Central.

Si l'influence des minéraux radioactifs distribués dans le sous-sol du bassin d'Antsirabe ne paraît pas s'exercer en portant à un degré très élevé la radioactivité de quelque source individuelle, nous pensons toutefois qu'elle doit agir en élevant la radioactivité moyenne de l'ensemble des sources. Cette conclusion, en effet, paraît ressortir de la comparaison (tableau ci-dessous) entre la radioactivité moyenne des 11 eaux minérales du bassin d'Antsirabe et celle des sources (exception faite des sources fortement radioactives) des stations du Plateau Central :

Stations.	Radioactivité moyenne de l'eau, en millimicrocuries de radon, par litre, à l'émergence.
Bassin d'Antsirabe (11 sources)	0,86
La Bourboule (4 sources)	0,92
Royat (3 sources)	0,53
Mont-Dore (13 sources)	0,40
Saint-Nectaire (6 sources)	0,27
Vichy (7 sources)	0,25

Le fait que l'eau potable du puits Alexander est notablement plus radioactive que les eaux de source ordinaires corrobore cette opinion.

Les résultats des dosages de radium pourraient sans doute être interprétés également dans le sens de cette hypothèse si, à ce sujet, les données analogues relatives aux sources du Plateau Central ne faisaient encore totalement défaut.

En rapprochant les diverses données radioactives concernant deux sources données, même très voisines, comme les sources Perrier de la Bathie et Ranovisy, d'Antsirabe, on ne peut mettre en évidence aucune uniformité.

La géologie de l'île volcanique de la Réunion présente, suivant A. Lacroix, de nombreux traits de ressemblance avec celle du massif de l'Ankaratra, mais on n'a rencontré jusqu'ici dans cette île aucun minéral radioactif. Les sources thermales bicarbonatées, quoique analogues à celles du bassin d'Antsirabe, sont moins minéralisées et généralement moins radioactives. Leur radioactivité moyenne est très faible (0,19).

Nous ferons cependant remarquer la teneur en radium relativement élevée de la source de Helbourg, indice possible de la présence de minéraux radioactifs dans les roches de la région.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'importance physiologique comparée du fer et du zinc.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Hirosi Nakamura**.

En collaboration avec Boje Benzon, l'un de nous a réussi à démontrer par des expériences directes que le zinc, toujours présent en petites proportions dans l'organisme, se comporte comme un facteur des échanges nutritifs et du développement général de l'individu.

Ces expériences avaient été conduites de la manière suivante : des souris, provenant d'élevages faits au laboratoire, avaient été séparées de leurs mères à l'âge de 3 semaines et nourries avec un mélange de substances, organiques et minérales, méticuleusement débarrassées des traces de combinaisons zinciques qu'elles renferment à l'état ordinaire. Une moitié des souris de chaque portée avait reçu en outre une très petite quantité de zinc (sous forme de sulfate), de l'ordre de grandeur de celle que l'on trouve dans les aliments naturels. Pour satisfaire à la rigueur des expériences, on n'avait pu introduire dans le régime alimentaire aucune préparation des facteurs oligosynergiques A, B et C, ces préparations renfermant toutes du zinc. Aussi, les animaux étaient-ils morts après quelques semaines d'alimentation artificielle. Mais, tous ceux qui avaient reçu du zinc en avaient fixé une partie dans leurs tissus et avaient présenté une survie de 25 à 50 pour 100 plus longue que celle des animaux sans zinc ([1]).

Étant donnée l'importance de ce résultat, tant au point de vue biochimique que physiologique et médical, il nous a paru utile de chercher à

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 289, et, avec plus de détails : *Ann. Inst. Past.* t. 38, 1924, p. 405; aussi : *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 203, et *Bull. Soc. Hyg. alim.*, t. 12, 1924, p. 15.

l'appuyer sur de nouvelles preuves et nous avons pensé, tout d'abord, à comparer le zinc avec le fer, en utilisant la même technique expérimentale.

Le fer existe, principalement à l'état d'hémoglobine, dans le sang des vertébrés, sous une forme moins bien connue, dans la substance des noyaux cellulaires, et son rôle dans le développement et l'entretien de l'organisme est considéré, d'une manière universelle, comme de la plus haute importance. En nourrissant de jeunes souris, les unes avec des aliments sans fer, les autres avec les mêmes aliments additionnés de fer, on pouvait donc s'attendre à provoquer des différences de survie considérables. Et il était logique de faire état de la grandeur de ces différences, comparées à celles qui ont été obtenues en opérant de la même manière avec le zinc, pour tirer un argument relatif à l'importance physiologique de ce dernier métal.

En conséquence, nous avons préparé des aliments minutieusement débarrassés de fer et nous les avons façonnés en petits pains, cuits au four, selon la formule donnée au sujet des expériences sur le zinc, rappelées plus haut; mais, à l'inverse de ce qui avait eu lieu dans ces expériences, nous avons introduit du zinc dans tous les petits pains et du fer seulement dans une des moitiés.

Les jeunes souris ont été isolées, pour être soumises au régime artificiel, du 21^e au 29^e jour après la naissance. Chacune d'elles a été maintenue dans un bocal de verre et les plus grandes précautions ont été prises pour éviter jusqu'à la fin les contaminations ferrugineuses. Nous avons opéré sur 38 individus provenant de sept portées. Chaque portée a donné lieu à une série particulière d'expériences. Une mort prématurée, dans les 48 heures, par suite de non-alimentation, et un nouveau cas de cette curieuse adaptation signalée par l'un de nous avec B. Benson (1) s'étant produits dans une des portées, les 4 individus de celle-ci ont dû être mis hors de cause. Enfin, un autre individu est également mort par inanition dans les 48 heures. Il est donc resté, en définitive, 33 souris, réparties en 6 séries d'expériences (2). Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Série A. — Débutant le 22 avril, avec des souris nées le 1^{er} avril (3) (âgées de 21 jours):

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 297, et *Ann. Inst. Past.*, t. 38, 1924, p. 449.
(2) Pour les détails, voir le Mémoire qui paraîtra ultérieurement.
(3) D'un mâle gris et d'une femelle blanche (première génération).

	Poids des souris au début.	Poids des souris à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
Sans fer, n° 1 (femelle grise)........	7g,05	4g,88	23g,57	19 jours
» n° 2 (mâle gris)...........	6,42	4,66	18,41	19 »
» n° 3 (mâle gris)...........	7,80	5,95	24,75	20 »
Avec fer, n° 4 (mâle gris)...........	7,05	5,12	23,27	16 »
» n° 5 (mâle blanc)..........	6,65	5,80	21,72	17 »
» n° 6 (femelle grise)........	7,40	6,07	28,76	20 »

Série B. — Débutant le 28 avril, avec des souris isabelles, nées le 6 avril [1] (âgées de 21 jours) :

Sans fer, n° 7 (mâle)...............	8g,60	7g,37	25g,26	19 jours
» n° 8 (mâle)...............	7,35	6,89	22,26	17 »
» n° 9 (mâle)...............	7,50	6,88	22,54	19 »
» n° 10 (femelle).............	8,05	6,92	22,84	19 »
Avec fer, n° 11 (mâle)...............	8,20	7,31	31,57	19 »
» n° 12 (mâle)...............	7,25	7,48	24,98	19 »
» n° 13 (femelle).............	7,52	7,55	26,36	19 »
» n° 14 (mâle)...............	7,53	7,36	26,54	17 »

Série D. — Débutant le 26 juillet, avec des souris blanches, nées le 30 juin d'un troisième élevage (âgées de 26 jours) :

Sans fer, n° 19 (mâle)...............	6g,32	4g,55	12g,46	16 jours
» n° 21 (mâle)...............	5,36	4,35	10,07	15 »
» n° 22 (mâle)...............	4,90	4,45	11,54	14 »
Avec fer, n° 23 (femelle).............	6,60	5,33	23,41	23 »
» n° 24 (mâle)...............	5,56	6,07	28,76	27 »
» n° 25 (mâle)...............	5,45	4,82	20,60	27 »
» n° 26 (mâle)...............	6,00	5,26	22,15	27 »

Série E. — Débutant le 7 août, avec des souris blanches d'un quatrième élevage, nées le 9 juillet (âgées de 29 jours) :

Sans fer, n° 27 (mâle)...............	10g,64	7g,20	20g,46	23 jours
» n° 28 (mâle)...............	9,97	8,50	51,96	30 »
Avec fer, n° 29 (mâle)...............	10,50	8,00	29,18	23 »
» n° 30 (mâle)...............	9,89	8,00	32,27	22 »

Série F. — Débutant le 14 août, avec des souris blanches d'un cinquième élevage, nées le 23 juillet (âgées de 22 jours) :

[1] D'autres parents que celles de la série A.

	Poids des souris au début.	Poids des souris à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
Sans fer, n° 31 (femelle)	8g,10	5g,45	?	23 jours
» n° 32 (mâle)	8,00	6,35	?	22 »
Avec fer, n° 33 (femelle)	8,45	5,15	?	24 »
» n° 34 (femelle)	7,50	5,40	?	27 »

Série G. — Débutant le 14 août, avec des souris blanches d'un sixième élevage, nées le 22 juillet (âgées de 21 jours):

Sans fer, n° 35 (mâle)	6g,82	4g,50	?	23 jours
» n° 36 (mâle)	6,53	4,20	?	23 »
Avec fer, n° 37 (mâle)	6,75	5,25	?	21 »
» n° 38 (mâle)	6,30	5,50	?	24 »

Pour savoir si du fer ingéré avait été retenu par l'organisme, nous avons dosé le métal comparativement dans les souris soumises au régime sans fer et dans celles soumises au régime additionné de fer, le tube digestif et son contenu ayant été au préalable écartés. En opérant sur dix animaux de chaque sorte, nous avons trouvé, en moyenne :

Fe dans le corps d'une souris au régime sans fer....... 0mg,15
Fe » » avec fer....... 0mg,27

Malgré la forme très simple d'alun ferrico-ammoniacal, une partie notable du fer ingéré a donc été résorbée et retenue par les tissus de l'animal.

Néanmoins, cette résorption n'a fait sentir ses effets d'une manière appréciable par la survie que dans le cas où les jeunes animaux ont été séparés de leur mère quelques jours après le commencement du sevrage naturel, lequel a lieu, chez la souris, ordinairement le 21ème jour. Dans nos expériences, ce sont seulement les animaux de la série D, isolés à l'âge de 26 jours, qui ont réagi à l'ingestion du fer par une prolongation importante de leur existence, comparable à celle observée dans le cas du zinc. Les animaux mis plus tôt ou plus tard au régime artificiel n'ont au contraire rien donné.

Ces faits trouvent leur explication la plus simple dans la supposition que des carences d'une importance supérieure à celle du fer et n'évoluant pas d'une façon parallèle masquent les effets du métal ajouté au régime.

Si l'on compare maintenant les résultats des expériences sur le zinc avec ceux des expériences sur le fer, on constate, de la manière la plus nette, que les effets de la carence ont été plus étendus dans le premier cas que

dans le second. Les recherches que nous faisons connaître aujourd'hui n'apportent donc pas seulement une démonstration directe du rôle joué par le fer en alimentation, elles fournissent une preuve nouvelle de l'importance physiologique du zinc.

MÉCANIQUE. — *Sur l'auscultation des barrages et des cheminées.* Note (¹) de M. **Charles Rabut.**

Les barrages et les cheminées sont les deux catégories de constructions qui, proportionnellement à leur nombre, donnent lieu aux accidents les plus nombreux. Ce sont aussi celles qui ont été les moins auscultées : la mesure des déformations en service n'est ni réglementaire, ni même usuelle pour ces ouvrages, alors qu'elle est obligatoire et pratiquée surabondamment pour d'autres tels que les ponts et les combles. A vrai dire ces mesures présentent, dans l'espèce, quelques difficultés.

En premier lieu, la surcharge en service — j'appelle ainsi la poussée de l'eau sur le barrage et celle du vent sur la cheminée — n'a pas, comme dans les ponts et les combles, la même direction que la charge permanente, de sorte qu'on ne peut assimiler l'une à l'autre et mesurer indirectement les déformations dues au poids mort en faisant usage d'une surcharge d'épreuve qui lui soit équivalente ou simplement proportionnelle, comme on le fait couramment pour les ponts et combles. Pour les barrages et cheminées, les effets du poids mort ne peuvent donc donner lieu qu'à des mesures directes, c'est-à-dire faites au moment même de la construction de l'ouvrage. A ce moment, on peut mesurer d'abord ces effets seuls, puis ceux du poids mort et de la surcharge agissant simultanément.

Dans le cas du barrage, on fait agir la surcharge en procédant à la mise en eau. Dans le cas de la cheminée, comme on ne peut commander le vent, on le remplacera, comme on le fait pour les ponts et les combles, par un effort de traction exercé, au moyen de câbles, à diverses hauteurs.

La mesure des déformations dues au poids mort ne peut, comme il vient d'être dit, être répétée ultérieurement. Mais il est possible en principe et il peut être utile de répéter celle des effets de la poussée après quelques années de service. Toutefois le vidage d'un grand réservoir et l'immobilisation d'industries qui peut en résulter rendent l'opération peu

(¹) Séance du 16 juillet 1924.

pratique pour la plupart des barrages de grande hauteur; il n'en est pas de même à l'égard des cheminées.

Les déformations dues au poids mort sont faciles à mesurer dans un certain nombre de sections horizontales. Il en est de même de celles qui sont dues à la poussée, sauf celles qui ont pour siège le parement amont des barrages dans ses parties situées en contre-bas du niveau de la retenue; pour ces parties, des artifices sont nécessaires, au moyen desquels on parvient à faire, quand on y tient, des mesures sous l'eau avec un appareil placé hors de l'eau, comme je l'indiquerai tout à l'heure.

Dans tous les cas, les déformations à mesurer sont, comme pour les ponts, de trois sortes et elles se mesurent, en principe, avec les mêmes appareils, qui existent déjà en grand nombre à l'École des Ponts et Chaussées, dans les Services de la Construction et de la Voie des Compagnies de Chemins de fer et dans divers autres Services de travaux.

Les *déplacements linéaires* s'enregistreront donc au moyen de mon enregistreur de flèches; comme, dans l'espèce, les déplacements horizontaux sont seuls intéressants, on établira la commande au moyen de fils inclinés (¹).

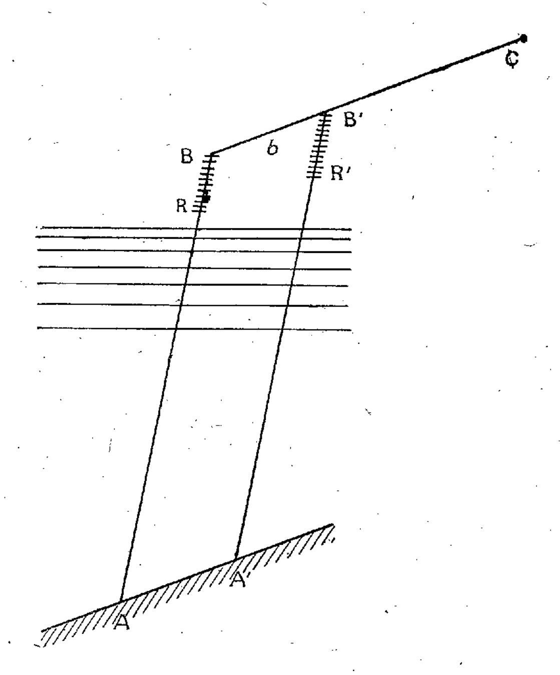
Les *déplacements angulaires* pourront se mesurer sans enregistrement au moyen du niveau de pente Bosramier, ou s'enregistrer comme l'inclinaison terminale d'une maîtresse-poutre de pont au moyen du même enregistreur commandé par un levier et un fil. Ces deux catégories de mesures ne sont à envisager qu'à l'aval des barrages, par conséquent hors de l'eau.

La *déformation locale* se mesurera sans enregistrement (sauf sur les parties noyées du parement amont des barrages) avec l'appareil à cadran dit Manet-Rabut. Pour ces parties noyées, on pourra se servir d'un enregistreur de flèches commandé par une paire de fils, de la manière suivante.

A, A′ étant deux points du parement amont situés dans une même section droite du barrage et dont il faut enregistrer la variation de distance, on dispose, sur une tablette en porte à faux portée par la crête des barrages, un enregistreur dont le levier porte-plume BOB′C sera sensiblement parallèle à AA′ et situé dans le même plan vertical, O étant son axe horizontal de rotation et C la pointe traçant le diagramme sur le cylindre tournant. En A et A′, fixons les fils de commande AB, A′B′, inclinés pour limiter le porte à faux de la tablette, sensiblement parallèles, enfin à égale distance de part et d'autre de l'axe O. Aux attaches B, B′, les fils aboutissent au moyen de

(¹) Voir Ch. Rabut, *Renseignements pratiques pour l'étude expérimentale des ponts métalliques*.

deux ressorts interposés, identiques, R, R'. Ces ressorts étant bandés au préalable, quand A et A' se déplaceront, les fils AB, A'B' resteront tendus et le déplacement angulaire du levier, ainsi que l'ordonnée du diagramme tracé par C, seront proportionnels à la variation de AA'.



Si la figure AA'B'B différait notablement d'un parallélogramme, on obtiendrait encore un enregistrement fidèle en ne posant plus

$$OB' = OB$$

mais

$$\frac{OB'}{OB} = \frac{\cos\varphi}{\cos\varphi'} : \frac{\cos\psi}{\cos\psi'},$$

φ, φ' étant les angles des deux fils avec la verticale, ψ, ψ' leurs angles avec AA'.

Il résulte de ce qui précède qu'on peut toujours contrôler rigoureusement les conditions de stabilité en service d'un barrage ou d'une cheminée lors de son établissement et renouveler ce contrôle dans une mesure souvent intéressante après un temps de service quelconque.

Même dans le cas d'un très grand réservoir, si l'état du barrage inspirait quelque appréhension pour la sécurité, ne serait-on pas heureux de pouvoir la vérifier sûrement, même au prix d'une dépense élevée ?

Un avantage inappréciable de la *réauscultation* d'un barrage est de faire entrer en ligne de compte l'aggravation qui a pu se produire dans son état du fait des *infiltrations* dont les conséquences dangereuses ont fait l'objet de mes Notes des 5 et 12 mai dernier.

Rien n'empêche donc les pouvoirs publics de rendre, s'ils le jugent utile, ce contrôle expérimental — complément précieux du contrôle théorique qui ne saurait le remplacer — légalement obligatoire dans les cas très nombreux où la sécurité publique est engagée, comme ils l'ont fait en 1891 pour les ponts métalliques, en 1902 pour les combles métalliques et en 1906 pour les constructions en béton armé, ce dont ils n'ont eu certainement qu'à se féliciter.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les formes terminales des éclairs fulgurants.* Note de M. E. **Mathias**.

1. L'éclair fulgurant est l'air rendu incandescent par le passage d'une décharge électrique naturelle. Nous admettrons, conformément aux conclusions de Norinder, que ces décharges ne sont pas oscillantes.

Pour simplifier, nous imaginerons l'éclair sous la forme d'un cylindre circulaire de longueur l et de rayon r. Si l'on calcule la surface de refroidissement de l'unité de masse du fluide incandescent, on la trouve extrêmement grande. La durée de l'éclair est insignifiante; le refroidissement de l'air est presque immédiat et la plupart des éclairs fulgurants s'éteignent aussitôt. Quand l'éclair a son siège à une altitude élevée, là où l'air est fortement ionisé, l'incandescence de l'air est faible, du moins si la quantité d'électricité qui passe n'est pas excessive, et la durée de l'illumination est petite.

Supposons l'altitude moindre et la décharge plus forte. L'air est plus résistant, la quantité d'électricité plus grande; l'échauffement de l'air est beaucoup plus considérable; il en résulte que son refroidissement est plus lent et peut durer une seconde ou deux. Cela rappelle la lueur qui persiste quelque temps après le passage d'une belle étoile filante.

Supposons maintenant une décharge violente qui se fasse à une altitude encore plus basse; le rayon r du canal de l'éclair a encore augmenté; comme la résistance spécifique de l'air est aussi plus grande, il s'ensuit que la température de l'air incandescent est plus élevée que précédemment. Dès lors le refroidissement de l'air incandescent est plus lent et la tension superfi-

cielle dont s'enveloppe toute masse fluide agit pour rendre sa surface minima. Si l'on se rappelle que l'éclair, en tant que veine fluide s'écoulant dans l'air, présente une série de *ventres* et de *nœuds* équidistants, on prévoit que le refroidissement, plus rapide aux nœuds, laissera les régions ventrales se détacher d'elles et prendre la forme de sphéroïdes incandescents distribués à des distances égales sur la trajectoire de l'éclair, quelle que soit d'ailleurs la forme de celle-ci. C'est l'explication des *éclairs en chapelet* donnée par G. Planté, à cela près que ce physicien distingué n'avait pas vu le rôle essentiel joué par la tension superficielle.

2. Supposons maintenant une décharge encore plus violente se produisant cette fois tout près de la surface du sol, là où l'air est très peu conducteur, vers 100^m d'altitude par exemple. Nous supposerons une différence de potentiel très élevée et une quantité d'électricité énorme, *c'est-à-dire des conditions rarement réalisées*. Nous obtiendrons un éclair fulgurant très court, parce que la variation de potentiel par mètre d'altitude est très grande, mais de section relativement grande.

Dès lors, la masse d'air incandescente affecte la forme grossière d'un cylindre de plusieurs décamètres de long et d'un diamètre de plusieurs centimètres. Il est blanc éblouissant à l'origine. C'est un tel éclair qu'a vu, le 21 mai dernier, à Bitschwiller (Haut-Rhin) M. Kœchlin (¹). Or, le *reste de l'éclair* s'est mis à tomber, s'est épaissi en ralentissant sa descente et est devenu jaune, puis rouge feu. Traduisons le phénomène avec la notion de la tension superficielle : la masse d'air incandescente, sous l'influence de la tension superficielle qui l'emprisonne comme une enveloppe élastique, s'est rétractée, augmentant le diamètre du fluide et diminuant sa longueur, jusqu'à ce que, la surface devenant minima, le fluide affectât la forme sphérique. Pendant ce temps, la masse incandescente se refroidissait lentement par une surface de plus en plus petite comparée à l'unité de masse. Aussi le *reste d'éclair* est-il passé du blanc au jaune, et du jaune au rouge.

En même temps, la vitesse de la chute se ralentissait jusqu'à devenir sensiblement nulle, pour deux raisons : 1° le frottement contre l'air se faisait par une section droite qui allait constamment en croissant; 2° le poids de l'air déplacé par le *reste d'éclair* allait constamment en augmentant.

Malgré le refroidissement de la surface, on doit supposer que la majeure partie du fluide intérieur est toujours incandescente, par suite, que la

(¹) *La Nature*, n° 2623, 12 juillet 1924, Supplément.

diminution du volume du fluide pendant le temps de sa chute est faible ou négligeable.

On voit nettement, par ce qui précède, que dans l'éclair en boule il n'y a rien d'autre que les gaz ordinaires de l'air.

3. On peut aller plus loin dans l'explication de ses particularités. Supposons, pour fixer les idées, un éclair en boule rouge sombre, à peu de mètres du sol. Il tombe très lentement; il pèse donc plus que l'air déplacé.

Admettons $546^\circ = 2 \times 273^\circ$ pour sa température centigrade, et supposons que cette température soit la même en tous les points du fluide. Si celui-ci est de l'air ordinaire, sa densité est $\frac{1}{3}$ de celle de l'air extérieur. Ce n'est donc pas possible puisque l'éclair en boule tombe.

Généralisons l'hypothèse de M. Thornton en admettant que les deux constituants de l'air O^2 et Az^2 sont transformés intégralement dans leurs ozones respectifs O^3 et Az^3, et négligeons les autres gaz de l'air. Cela veut dire que, en prenant pour unité la densité de l'air extérieur, la densité de l'éclair en boule est $\frac{3}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$. On voit que *cette hypothèse n'explique nullement la chute de l'éclair en boule.*

Faisons de nouveau le raisonnement précédent au moment où, la décharge électrique ayant cessé, le fluide incandescent commence à tendre vers sa surface libre minima sous l'influence de sa tension superficielle. C'est à ce moment que l'homogénéité de la température en tous les points de la masse est le plus près d'être vraie. Or nous sommes à la température du blanc, plus ou moins éblouissant, vers $5 \times 273 = 1363^\circ$ ou plus! Admettons cette température; la densité du fluide incandescent par rapport à l'air est $\frac{1}{6}$ *et cependant le fluide tombe!* Il faut donc admettre que sous l'influence de la haute température produite, des produits de condensation endothermiques de l'oxygène et de l'azote, encore inconnus, se sont formés, expliquant ainsi la densité du fluide incandescent.

Pour retrouver la densité 1 à la température centigrade de 1363°, il faudrait admettre l'existence des corps endothermiques O^{12} et Az^{12}, six fois plus condensés que l'oxygène et l'azote et donnant une densité voisine de 1 au fluide incandescent lorsqu'il est dans l'air un peu raréfié qui supporte le nuage orageux. On conçoit, dès lors, que le *reste d'éclair* tombe en prenant spontanément la forme sphérique tout en ralentissant sa chute de plus en plus.

4. De nombreuses descriptions d'éclairs en boule indiquent que celui-ci tombe en laissant derrière lui une gerbe d'étincelles. D'où viennent celles-ci?

Les corps endothermiques dont nous avons dû admettre l'existence ne peuvent plus exister à basse température; dès lors, au fur et à mesure que la surface incandescente se refroidit, *les molécules des corps endothermiques qui s'échappent de cette surface se décomposent en abandonnant sous forme de chaleur l'énergie énorme qu'elles ont absorbée pour se former*, et les gaz O^2 et Az^2 reparaissent mais à l'état incandescent; c'est l'explication des étincelles qui accompagnent la chute de l'éclair en boule.

Pendant ce temps, la masse entière de l'éclair sphérique s'est refroidie, et à un certain moment, tel un obus qui éclate, les corps endothermiques situés dans sa masse se décomposent tous à la fois en libérant une quantité d'énergie énorme et en produisant parfois une détonation comparable à celle de plusieurs pièces d'artillerie. L'air se refroidissant brusquement conserve un reste d'énergie et se transforme partiellement en ozone, ce qui explique l'odeur *sui generis* consécutive à l'explosion de l'éclair en boule.

On voit donc que l'introduction de la notion de tension superficielle permet de se rendre compte très simplement des circonstances dans lesquelles disparaissent les éclairs fulgurants.

CORRESPONDANCE.

M. B. **Berloty**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Flora iberica. Uredalles (*Royas de los vegetales*). Tomo I. *Génera Puccinia*, por R. González Fragoso.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les isomorphismes de certains groupes.* Note (1) de M. **de Séguier**, présentée par M. Appell.

Dans le dernier fascicule des *Mathematische Annalen* (t. 91, p. 169-209, 1924), M. Jakob Nielsen a donné les équations du groupe Γ′ des automor-

(1) Séance du 16 juillet 1924.

phismes d'un groupe G' engendré par n générateurs $a_1, \ldots, a_n$ et leurs inverses entre lesquels n'existe aucune relation, puis, dans un autre Mémoire (*Danske Videnskabernes Selskab*, *Mathematisk-fysiske Meddelelser*, t. 5, p. 3-29, 1924), pour $n = 2$, 3, les équations du groupe Γ des automorphismes du groupe G déduit de G' en supposant les a_i échangeables.

On peut arriver simplement aux mêmes résultats (et quel que soit n, dans le cas de Γ) par une marche inverse en partant des équations du groupe linéaire homogène $L(n, \pi)$ à n variables $x_1, \ldots, x_n$ dans le champ galoisien $\mathfrak{S}$ d'ordre $\pi = p^k$ (p premier).

L dérive des $u_{ik\lambda} = |x_i, x_i + \lambda x_k|$ [1] et des $\varepsilon_{i\lambda} = |x_i, \lambda x_i|$ (j'écrirai $u_{ik1} = u_{ik}$, $u_{12} = u$, $\varepsilon_{i,-1} = \varepsilon_i$, $\varepsilon_1 = \varepsilon$). Soit $U(n, \pi)$ le p. p. c. m. des $u_{ik\lambda}$; $L^r(n, \pi) = \{U(n, \pi), \varepsilon_{1\iota}^r\}$, ι étant racine primitive de $\mathfrak{S}$; $L_1^r(n, \pi)$ le diviseur de L qui n'altère pas x_1; P le p. p. c. m. des $u_{1k\lambda}$. Posons $t_{ik} = \begin{vmatrix} x_i & x_k \\ x_k & x_i \end{vmatrix}$ $(t_{12} = t)$, $T_{ik} = t_{i,i+1} t_{i+1,i+2} \ldots t_{k-1,k}$ $(T_{1n} = T)$, $m_{ik\lambda} = \varepsilon_{i\lambda} \varepsilon_{k\lambda}^{-1}$, $\tau_{ik} = t_{ik} \varepsilon_k$, $\Theta_{ik} = \tau_{i,i+1} \tau_{i+1,i+2} \ldots \tau_{k+1,k}$, et désignons généralement par (X) un système quelconque d'équations du groupe X. U dérive aussi des $\tau_{i,i+1}$, des $m_{i,i+1,\iota}$ et des $u_{i,i+1,\lambda}$.

Le groupe $X^r = L_1^r P$, qui dérive des $\tau_{i,i+1}$, $m_{i,i+1,\iota}$, $u_{i,i+1,\lambda}$ $(i \geqq 2)$, $\varepsilon_{2\iota}^r$ et des $u_{12\lambda}$ $[u_{1k\lambda} = \tau_{2k}^{-1} u_{12\lambda}^{-1} \tau_{2k}, \tau_{2k} = \Theta_{3n}^{k-3} \tau_{23} \Theta_{3n}^{3-k}]$ est défini par (L_1^r) et (P) joints à $m_{23\iota}^{-1} u_{12\lambda} m_{23\iota} = u_{12,\lambda\iota-1}$, $u_{23\mu}^{-1} u_{12\lambda} u_{23\mu} = u_{12\lambda} \tau_{23}^{-1} u_{12,\lambda\mu} \tau_{23}$, $\varepsilon_{2\iota}^{-r} u_{12\lambda} \varepsilon_{2\iota}^r = u_{12,\lambda\iota}^{-1}$ et aux équations exprimant que $\tau_{i,i+1}$, $m_{i,i+1,1}$, $u_{i,i+1,\mu}$ sont permutables à $u_{12\lambda}$ pour $i \geqq 3$ (λ et μ parcourant $\iota^0, \ldots, \iota^{-K1}$), en omettant, pour $n = 2$, les équations où figure l'indice 3.

Le groupe $Y^r = \{X^r, m_{12\iota}\}$ où X^r est normal et premier à $\{m_{12\iota}\}$ est défini par (X^r) joint à $m_{12\iota}^{\pi-1} = 1$, $m_{12\iota}^{-1} \varepsilon_{2\iota}^r m_{12\iota} = \varepsilon_{2\iota 1}^r$, $m_{12\iota}^{-1} \tau_{23} m_{12\iota} = \tau_{23} m_{23\iota}^{-1}$, $m_{12\iota}^{-1} u_{12\lambda} m_{12\iota} = u_{12,\lambda\iota^2}$, $m_{12\iota}^{-1} u_{23\lambda} m_{12\iota} = u_{23,\iota^{-1}\lambda}$, $m_{12\iota}^{-1} m_{23\iota} m_{12\iota} = m_{23\iota}$ et aux équations exprimant que $m_{12\iota}$ est permutable à $\tau_{i,i+1}$, $m_{i,i+1,\iota}$, $u_{i,i+1,\lambda}$ pour $i \geqq 3$ (λ parcourant $\iota^0, \ldots, \iota^{k-1}$).

Soit maintenant e un élément égal à $\frac{\pi - 1}{2}$ si $p > 2$, et à $\pi - 1$ si $p = 2$. $L^e = \{Y^e, t\}$ est défini par (Y^e) joint à $t^2 = 1$, $t m_{12\iota} t = m_{12\iota}^{-1}$, $t \varepsilon_2 t = m_{12\iota}^e \varepsilon_2$, $t u_{12\lambda} t = u_{12\mu} \varepsilon_2 t m_{12\mu} u_{12\mu}$ $(\lambda\mu = 1)$, $t m_{23\iota} t = m_{12\iota} m_{23\iota}$, $t u_{1k\lambda} t = u_{2k\lambda}$ $(k > 2, \lambda \neq 0)$,

---

[1] Dans ce qui suit, je supposerai toujours que deux lettres différentes désignent des indices différents (sauf lorsqu'il s'agit du troisième indice). Je me servirai aussi des mêmes notations que dans mes *Éléments de la théorie des groupes abstraits* et dans mes *Éléments de la théorie des groupes de substitutions* auxquels je renverrai par les lettres *E* et *S* respectivement.

$t\tau_{2k}t = \varepsilon_2\tau_{2k}t\tau_{2k}$ $(k > 2)$, et aux équations exprimant que t est permutable à $\tau_{i,i+1}$, $m_{i,i+1,\iota}$, $u_{i,i+1,\lambda}$ pour $i \geqq 3$ (λ parcourant 1, 2, ..., ι^{e-1}) (¹).

Comme (L^e) entraîne toutes les relations qui lient les substitutions de L^e, (L^e) entraîne *a priori* les conséquences (v_{ik} est introduit en vue de la suite)

$$(1) \qquad t_{ik}^2 = 1, \qquad (t_{ik}t_{hl})^2 = 1, \qquad (t_{ik}t_{kl})^3 = 1;$$

$$(2) \qquad \varepsilon_i^2 = 1, \qquad \varepsilon_i\varepsilon_k = \varepsilon_k\varepsilon_i, \qquad t_{ik}\varepsilon_l t_{ik} = \varepsilon_l, \qquad t_{ik}\varepsilon_i t_{ik} = \varepsilon_k;$$

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{c} t_{ih}u_{ik}t_{ih} = u_{hk}, \qquad t_{ik}u_{ik}t_{ik} = u_{ki}; \\ \varepsilon_i u_{ik}\varepsilon_i = v_{ik}^{-1}, \qquad v_{ik} = u_{ik}, \qquad \varepsilon_k u_{ik}\varepsilon_k = u_{ik}^{-1}; \\ u_{ik}^{-1}u_{kl}u_{ik} = u_{kl}u_{il}, \qquad u_{il}^{-1}u_{hi}u_{il} = u_{hi}u_{hl}^{-1}, \qquad v_{ik}^{-1}u_{ki}u_{ik}^{-1} = t_{ik}\varepsilon_i; \\ u_{ik} \text{ est permutable à } t_{hl}, \varepsilon_h, u_{hl}, v_{ik}, v_{il}, u_{hk}. \end{array} \right.$$

Le système S des équations (1), (2), (3), étant vérifié quel que soit p, *l'est aussi dans le semi-champ* $\mathcal{E}$ *des nombres entiers.*

On remarquera que, d'après (1), les t_{ik} engendrent un groupe isomorphe au g^n symétrique $\mathcal{S}$, et que, d'après (2), les t_{ik} et les ε_i engendrent un groupe $\mathcal{S}'$ d'ordre $n!\,2^n$ où le p. p. c. m. E des ε_i est un g_{2^n} abélien principal normal, $\mathcal{S}'|E$ étant isomorphe à $\mathcal{S}$.

Prenons maintenant pour G la notation additive, et assimilons a_i à x_i, $-a_i$ à $-x_i$. Toute substitution de Γ est de la forme $\alpha = |x_i, \Sigma\alpha_{ik}x_k|$, où $|\alpha_{ik}| = \pm 1$. Or α est un produit de u_{ik}, ε_i dans $\mathcal{E}$ (*E.*, 192; *S.*, 3). Donc Γ dérive des u_{ik}, ε_i $(t_{ik} = v_{ik}^{-1}u_{ki}u_{ik}^{-1}\varepsilon_i)$ et vérifie S. D'ailleurs toute équation vérifiée par Γ résulte de S, car cette équation doit être vérifiée par $L^e(n, 3) = L(n, 3)$, qui est le groupe des α mod 3. *Donc* (Γ) *équivaut à* S.

En prenant maintenant pour G′ la même notation, $x_k + x_i$ sera $\neq x_i + x_k$. Je poserai $v_{ik} = |x_i, x_k + x_i|$. Toute substitution de Γ' a la forme

$$\alpha = \left| \begin{array}{cc} x_1 & \alpha_{k_1}x_{k_1} + \alpha_{k_2}x_{k_2} + \ldots \\ .. & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \right|,$$

les coefficients étant supposés $\neq 0$ (et entiers). Il est clair que, si $\alpha_{k_1} \leqq \alpha_k$ $(\alpha_{k_2} \leqq \alpha_{k_1})$, en multipliant à gauche par $u_{k_1k_2\rho}(v_{k_2k_1\rho})$, on remplacera α_{k_2} (α_{k_2}) par un nombre moindre en valeur absolue. Donc Γ' dérive des t_{ik}, ε_i, u_{ik} $(\varepsilon_i u_{ik}\varepsilon_i = v_{ik}^{-1}$, $\varepsilon_k u_{ik}\varepsilon_k = u_{ik}^{-1})$ et vérifie le système S′ déduit de S en supprimant l'équation $u_{ik} = v_{ik}$. D'ailleurs, comme précédemment, toute équation vérifiée par Γ' résulte de S′. *Donc* (Γ') *équivaut à* S′.

Soit A *le diviseur normal minimum de* Γ' *contenant tous les* $u_{ik}v_{ik}^{-1}$ *(ou les* $\varepsilon_i u_{ik}\varepsilon_i u_{ik}$*). On a* $\Gamma = \Gamma'(A)$ (*S.*, 66).

(¹) On le démontre en vérifiant que $(1+t)Y^e(1+t)$ est, en vertu de ces équations, $\leqq Y^e(1+t)Y^e$ (*S.*, 68).

Avec les notations actuelles, le système Σ obtenu par M. Nielsen pour (Γ) est formé des équations

$$(4)\qquad t^2 = T^n = (tT)^{n-1} = (tT^i tT^{-i})^2 = 1 \qquad \left(i = 2, 3, \ldots, \left[\frac{n}{2}\right]\right);$$

$$(5)\qquad \varepsilon^2 = 1, \qquad \varepsilon \text{ est permutable à } TtT,\ tT,\ T\varepsilon T^{-1};$$

$$(6)\qquad \begin{cases} u^{-1}.TuT^{-1}.u = TuT^{-1}.tTu(tT)^{-1}, \\ t\varepsilon t.u.t\varepsilon t = u^{-1}, \quad \varepsilon u\varepsilon.tutu^{-1} = t\varepsilon, \\ u \text{ est permutable à } TtT^{-1}, \quad TtT^{-1}.tT, \quad T^2\varepsilon T^{-2}, \\ T^2uT^{-2}, \quad \varepsilon u \varepsilon, \quad (tT\varepsilon)u(tT\varepsilon)^{-1}, \quad (tT)t(tT)^{-1}.u.(tT)t(tT)^{-1}. \end{cases}$$

En posant $T^{i-1}tT^{1-i} = t_{i,i+1}$ [d'où, en employant $(tT)^{n-1} = 1$, $t_{12}t_{23}\ldots t_{n-1,n} = T$] et, si $k > i$,

$$T_{ik} = t_{i,i+1}\,t_{i+1,i+2}\ldots t_{k-1,k}, \qquad T_{i+1,n}^{k-i-1}\,t_{i,i+1}\,T_{i+1,n}^{-(k-i-1)} = t_{ik},$$

on voit que (4) équivaut à (1); car (4) résulte de (1) [*S.*, 69 ([1])], et comme les *substitutions* qui *représentent* les t_{ik} vérifient (1), (1) résulte de (4). De même, en posant $T^{i-1}\varepsilon T^{1-i} = \varepsilon_i$ on voit que (4) et (5) équivalent à (1) et (2). Enfin, en posant $T^{i-1}uT^{1-i} = u_{i,i+1}$, $t_{i+i,k}u_{i,i+1}t_{i+1,k} = u_{ik}$, $\varepsilon_i u_{ik}^{-1}\varepsilon_i = v_{ik}$, on voit que Σ équivaut à S.

HYDRODYNAMIQUE. — *Le paradoxe de d'Alembert dans le cas des fluides compressibles.* Note ([2]) de MM. **Émile Jouguet** et **Maurice Roy**.

M. Umberto Cisotti a communiqué à l'Académie ([3]) quelques observations à propos d'une Note sur le paradoxe de d'Alembert dans le cas des fluides compressibles que nous avons publiée dans les *Comptes rendus* du 28 avril 1924 ([4]).

Pour éviter tout malentendu, nous demandons la permission de préciser l'objet de cette Note.

Bien évidemment nous ne prétendons pas y avoir énoncé pour la

---

([1]) Où l'on peut négliger l'équation $(ab^{-1}ab)^3 = 1$. M. Nielsen le démontre à la page 175 du premier Mémoire cité. On le voit aussi en posant $bab^{-1}a = \delta$, et en remplaçant dans $(ba)^{t-1} = 1$, qui s'écrit $bab^{-1}.b^2ab^{-2}\ldots b^{t-2}ab^{2-t}b^{t-1}a = 1$, bab^{-1} par $\delta abab^{-1}abab^{-1}a$, et $b^kab^{-k}(k \geqq 2)$ par $ab^kab^{-k}a$, d'où $\delta = 1$. Cf. *Journal de Mathématiques*, t. 6, 1910, p. 401-402.

([2]) Séance du 16 juillet 1924.

([3]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1792.

([4]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1470.

première fois l'affirmation que la présence d'ondes de choc au sein d'un fluide compressible peut mettre en défaut le paradoxe de d'Alembert. Nous n'ignorons pas que cette idée a été émise par plusieurs auteurs, et aux noms mentionnés par M. Cisotti il conviendrait d'ajouter, entre autres, ceux d'Hugoniot, de Mach, de M. Vieille, de M. Mallock. Nous avons simplement voulu analyser le mécanisme de l'échappatoire au paradoxe de d'Alembert que fournissent les ondes de choc et montrer le rôle qu'y joue une circonstance sur laquelle l'un de nous a insisté à plusieurs reprises ([1]), savoir la croissance de l'entropie au passage de l'onde. Il ne nous semble pas que les travaux antérieurs aient présenté l'analyse que nous avons développée à ce sujet.

M. Cisotti mentionne un Mémoire publié par lui en 1916 ([2]). Ce Mémoire est relatif à l'existence d'une limite supérieure pour la vitesse d'un solide immergé dans un fluide, limite définie par l'apparition de pressions négatives. Sans entrer ici dans la discussion détaillée de cette intéressante question, nous observerons qu'elle est étrangère aux considérations exposées dans notre Note du 28 avril, lesquelles sont suffisamment indépendantes de l'éventualité de l'annulation de la pression, pour de trop grandes vitesses, en certains points du fluide.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1923. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 56 jours d'observations ([3]) dans ce trimestre et l'on en déduit les principaux faits suivants :

Taches. — Avec un groupe en plus (8 au lieu de 7), la surface moyenne totale tachée a augmenté d'environ $\frac{4}{5}$: on a, en effet, 748 millionièmes au lieu de 421 ([4]).

Les jours sans taches ont été moins nombreux dans ce trimestre que dans le précédent : la proportion est de 0,32 au lieu de 0,61. On remarque, en outre, qu'aucune tache n'a été notée dans l'hémisphère austral pendant le mois de décembre.

Enfin, la latitude moyenne de l'ensemble a diminué, d'une part, avec $-20°,3$ au lieu de $-24°,3$, et augmenté, d'autre part, avec $+22°,0$ au lieu de $+13°,5$.

([1]) Voir notamment *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 673.
([2]) *Politecnico*, n° 24, 1916, Milan.
([3]) Avec l'aide de M^lle Bloch.
([4]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 553.

Régions d'activité. — Les groupes de facules ont diminué d'environ $\frac{1}{3}$, en nombre, et de $\frac{1}{4}$ en étendue : on a, effectivement, 31 groupes au lieu de 45, et 18,4 millièmes au lieu de 24,4.

Les changements survenus dans leur répartition sont de 1 groupe en moins au sud de l'équateur (13 au lieu de 14) et de 13, en moins également, au sud (18 au lieu de 31).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,05.			
28- 1	4	1,9	—27		8
9 -19	10	14,8		+ 3	70
23-28	5	24,6	— 8		149
23-30	6	24,7	—18		32
	22 j.		—17°,7	+3°	
		Novembre. — 0,40.			
31- 5	4	2,9	—28		125
		Novembre (suite).			
5-15	10	10,4		+30	295
	20 j.		—28°	+30°	
		Décembre. — 0,64.			
20-27	5	22,9		+27	50
25	1	27,8		+28	19
	14 j.		»	+27°,5	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1923.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	1	1	1	3	1	1	»	»	»	»	4	259
Novembre...	»	»	1	»	»	1	1	»	»	1	»	»	2	420
Décembre...	»	»	»	»	»	0	2	»	»	2	»	»	2	69
Totaux...	»	»	2	1	1	4	4	1	»	3	»	»	8	748

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1923.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	2	1	1	1	5	8	3	1	3	»	1	13	7,9
Novembre...	»	2	1	»	2	5	6	2	»	1	»	3	11	5,4
Décembre...	»	1	2	»	»	3	4	»	»	3	1	»	7	5,1
Totaux....	»	5	4	1	3	13	18	5	1	7	1	4	31	18,4

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude de la désagrégation de la calotte polaire australe de la planète Mars.* Note (¹) de M. R. JARRY-DESLOGES, présentée par M. Bigourdan.

Depuis trois mois à Sétif, la calotte polaire australe de la planète Mars

(¹) Séance du 16 juillet 1924.

est suivie de façon constante avec le réfracteur de $0^{m},50$ d'ouverture. Grâce à la basse latitude du lieu et à son altitude, on a pu apercevoir de nombreux détails dans la blancheur polaire de la planète, malgré sa forte déclinaison australe.

Le système de traînées grisâtres traversant les blancheurs, avec plage centrale plus vaste, déjà observé fréquemment au Revard en 1909, a été revu depuis plus d'un mois par M. Hudelot, sous un aspect très sensiblement le même. Des plages plus claires, brillantes, ont été observées dans les régions de *Novissima Thyle*, d'*Argyre II*, etc.

Une dépêche de M. G. Fournier, en date du 14 de ce mois, me signale qu'on aperçoit des apparences de désagrégation dans les blancheurs polaires qui font penser qu'Argyre II va se détacher de la calotte. Cette région plus claire paraît bien être située sous la latitude exacte où l'on place ordinairement Argyre II; mais peut-être s'étend-elle un peu plus vers l'Est qu'on ne l'indique en général.

Des traces importantes de désagrégation de la calotte polaire ont été observées il y a un mois, mais il semble que cette désagrégation ne se soit pas poursuivie, et que bien au contraire les tonalités grises qui s'y discernaient aient fait place, parfois, dans la suite, à une nouvelle formation de matériaux blancs polaires, comme si une température plus basse se fût soudainement manifestée, mais sans pouvoir masquer néanmoins, de façon constante, le système de traînées qui sillonnent la calotte.

Il est beaucoup trop tôt pour pouvoir établir des comparaisons entre les processus de régression de la blancheur polaire australe de Mars en 1924 et en 1909, mais, jusqu'à présent, il semble qu'il existe entre les apparences observées à ces époques une grande similitude.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Contribution à l'étude de divers phénomènes physiques par transformation d'équations différentielles linéaires en équations intégrales.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Mesnager.

1. En suivant une méthode exposée dans une Note antérieure ([1]), l'équation différentielle

$$\frac{d}{dx}\mathrm{K}(x)\frac{dy(x)}{dx} - 2\lambda\,\mathrm{I}(x)y(x) + \mathrm{F}(x) = 0 \qquad (0 \leqq x \leqq \mathrm{L}). \tag{1}$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1878.

peut être écrite sous les formes équivalentes d'une équation de Volterra (V) ou de Fredholm (F) :

$$\text{(V)}\quad \varphi(x)+\mathrm{F}(x)=\mathrm{AI}(x)+\mathrm{BI}(x)\mathrm{N}(o,x)+2\lambda\int_0^x \mathrm{H}(s,x)\,\varphi(s)\,ds,$$

$$\text{(F)}\quad \varphi(x)+\mathrm{F}(x)=\mathrm{CI}(x)+\mathrm{DI}(x)[\mathrm{N}(o,x)-\mathrm{N}(x,\mathrm{L})]+\lambda\int_0^{\mathrm{L}} \mathrm{H}(s,x)\,\varphi(s)\,ds;$$

$$(2)\quad \begin{cases} \varphi(x)+\mathrm{F}(x)=2\lambda\mathrm{I}(x)\,y(x) & (\mathrm{A, B, C, D}\ \text{const.}); \\ \mathrm{N}(s,x)=\mathrm{N}(x,s)=\displaystyle\int_{s\leqq x}^{x}\frac{dt}{\mathrm{K}(t)}, & \mathrm{H}(s,x)=\mathrm{I}(x)\,\mathrm{N}(s,x). \end{cases}$$

Le *problème* que nous avons en vue consiste à *trouver* $\varphi(x)$, *partant* $y(x)$, *tel qu'il existe deux relations linéaires entre les valeurs de* $y(x)$ *et de ses dérivées en divers points du champ* $\mathrm{O}\leqq x\leqq \mathrm{L}$. *Il se rencontre dans l'étude de l'élasticité, de la chaleur, de l'électricité*, etc. Exemples : torsion des arbres de transmission, refroidissement d'une barre homogène, courant dans un circuit oscillant. Les relations linéaires en question peuvent s'écrire sous une des deux formes :

$$(\mathrm{V}')\qquad \alpha_i\mathrm{A}+\beta_i\mathrm{B}=\int_0^{\mathrm{L}} h_i(s)\,\varphi(s)\,ds+a_i \qquad (\alpha_i,\ \beta_i,\ a_i\ \text{const.}),$$

$$(\mathrm{F}')\qquad \gamma_i\mathrm{C}+\delta_i\mathrm{D}=\int_0^{\mathrm{L}} g_i(s)\,\varphi(s)\,ds+b_i \qquad (\gamma_i,\ \delta_i,\ b_i\ \text{const.}).$$

2. Si exceptionnellement $\gamma_i=\delta_i=0$ nous admettrons que, pour n suffisamment grand, l'une des quantités $\int_0^{\mathrm{L}}\int_0^{\mathrm{L}} g_i(s)\mathrm{H}_{n-1}(t,s)\mathrm{I}(t)\,ds\,dt$ et $\int_0^{\mathrm{L}}\int_0^{\mathrm{L}} g_i(s)\,\mathrm{H}_{n-1}(t,s)\,\mathrm{I}(t)\,[\mathrm{N}(o,t)-\mathrm{N}(t,\mathrm{L})]\,ds\,dt$ n'est pas nulle, en désignant par H_p le $p^{\text{ième}}$ noyau itéré de $\mathrm{H}_0=\mathrm{H}$. Or si

$$(3)\qquad f(s)+\mathrm{F}(s)=\mathrm{CI}(s)+\mathrm{DI}(s)[\mathrm{N}(o,s)-\mathrm{N}(s,\mathrm{L})],$$

$$(4)\qquad \varphi(s)=f(s)+\sum_0^{n-1}\lambda^p\int_0^{\mathrm{L}}\mathrm{H}_p(t,s)f(t)\,dt+\lambda^n\int_0^{\mathrm{L}}\mathrm{H}_n(t,s)\,\varphi(t)\,dt.$$

Par suite, remplaçant $\varphi(s)$ par cette valeur (4) dans (F′) on sera ramené au cas où γ_i et δ_i ne sont pas simultanément nuls.

3. Résolvons d'abord le système (VV′) en tirant $\varphi(x)$ de (V) en fonction de la résolvante de Volterra et portant dans (V′). On obtient deux équations linéaires en C et D qui permettent de les déterminer, et par suite $\varphi(x)$, sauf dans le cas où λ est critique, c'est-à-dire annule le déter-

minant $\Delta(2\lambda)$ des coefficients C et D. La même méthode peut être appliquée à la résolution du système (FF′), mais avec quelques difficultés tenant à ce que la résolvante de Fredholm n'est pas entière, mais méromorphe en λ. Procédons différemment en éliminant tout d'abord C et D entre (FF′), ce qui est en général possible, eu égard aux restrictions du paragraphe 2; puis résolvons l'équation de Fredholm obtenue. Les valeurs critiques de λ sont celles qui annulent la déterminante $D(\lambda)$ de cette équation.

4. En tenant compte de la remarque du paragraphe 2, appliquons ces résolutions au cas particulier suivant : $K(x)$ et $I(x)$ positifs pour $0 \leqq x \leqq L$,

$$(5)\qquad B = D = 0, \qquad \int_0^L \varphi(s)\,ds = 0, \qquad \frac{1}{p} = \int_0^L I(s)\,ds \neq 0.$$

Alors, d'une part, le système (VV′) donne

$$(6)\qquad \psi(s) = 1 + 2\lambda \int_s^L H(s,t)\,\varphi(t)\,dt, \qquad \Delta(2\lambda) = \int_0^L \psi(s)\,I(s)\,ds,$$

$$(7)\qquad \varphi(x) + F(x) = \frac{\int_0^L \psi(s)\,F(s)\,ds}{\Delta(2\lambda)} \cdot I(x) + 2\lambda \int_0^x H(s,x)\,\varphi(s)\,ds.$$

D'autre part, le système (FF′) donne

$$(8)\qquad \varphi(x) + F(x) = p \int_0^L F(s)\,ds . I(x) + \lambda \int_0^L I(x)\,R(s,x)\,\varphi(s)\,ds,$$

$$(9)\qquad R(s,x) = N(s,x) - p \int_0^L N(s,t)\,I(t)\,dt - X(x),$$

$X(x)$ étant une fonction arbitraire de x en vertu de $\int_0^L \varphi(s)\,ds = 0$. On rendra $R(s, x)$ symétrique en prenant

$$(10)\qquad X(x) = p \int_0^L N(x,t)\,I(t)\,dt.$$

L'équation (8) est alors à noyau de Schmidt et par suite $D(\lambda)$ admet au moins une valeur c qui l'annule; ces valeurs critiques c sont des zéros réels et simples qui ne sauraient annuler le numérateur de la fonction $\varphi(x)$ méromorphe en λ définie par (9) où $F(x)$ est une fonction quelconque. D'autre part $\Delta(2\lambda)$ est une fonction entière en λ dont tous les coefficients sont positifs et dont les zéros ne sauraient annuler, quel que soit $F(x)$, le numérateur de la fonction $\varphi(x)$ méromorphe en λ définie par (7) sans

que $\psi(s) \equiv 0$ ce qui est impossible en vertu de (6). $D(\lambda)$ et $\Delta(2\lambda)$ ont par suite les mêmes zéros, tous réels, simples et négatifs.

5. Le cas particulier que nous venons d'examiner se présente dans l'étude de la torsion des arbres de transmission ([1]) avec $\left(-2\lambda = \frac{1}{T^2}\right)$ carré des pulsations de résonances qui par suite sont toutes réelles et simples et dont une au moins existe quand $F(x)$ est quelconque. Exceptionnellement il est remarquable qu'on peut éviter certaines résonances par une répartition convenable des amplitudes $F(x)$ des couples extérieures c'est-à-dire telle qu'une valeur c annule le numérateur de $\varphi(x)$; on les évitera toutes par exemple si $F(x)$ est proportionnel à l'inertie polaire $I(x)$ des sections de l'arbre.

6. Remarquons enfin que les méthodes exposées ci-dessus s'appliquent à la recherche dans le champ $0 \leqq x \leqq L$ des solutions de l'équation

$$(11) \qquad \frac{d}{dn} K_{n-1}(x) \frac{d}{dn} K_{n-2}(x) \ldots \frac{d}{dx} K_1(x) \frac{dy(x)}{dx} - 2\lambda I(x) y(x) + F(x) = 0$$

telles qu'il existe n relations linéaires entre les valeurs de y et de ses dérivées en divers points du champ.

PHYSIQUE. — *Sur une propriété remarquable de la colonne positive de l'arc au mercure. Action par influence de gaines extérieures.* Note ([2]) de MM. **L. Dunoyer** et **P. Toulon**.

La propriété dont il s'agit appartient essentiellement à la colonne positive des arcs au mercure dans le vide alimentés en courant alternatif. Comme on le sait, des dispositions convenables doivent alors être prises pour que la cathode mercurielle soit *entretenue*, c'est-à-dire qu'il existe à sa surface, en permanence une tache lumineuse qui émet en abondance des électrons. On peut par exemple entretenir en courant continu un petit arc auxiliaire entre la cathode et une anode mercurielle qui sert à l'allumage par basculement de l'ampoule. On peut aussi utiliser deux anodes d'entretien alimentées par les deux extrémités du secondaire d'un transformateur dont le point neutre est relié à la cathode à travers une résistance, confor-

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1362 et 1878.

([2]) Séance du 16 juillet 1924.

mément au montage classique des redresseurs à vapeur de mercure. De quelque manière qu'on s'y prenne pour entretenir la tache cathodique, l'appareil type dont nous nous occuperons comporte donc une cathode mercurielle entretenue et une anode que l'on relie aux bornes d'une tension d'alimentation alternative par l'intermédiaire d'un appareil d'utilisation. Un arc peut alors jaillir entre l'anode et la cathode pendant toutes les alternances où l'anode est positive. Le courant pulsatoire de sens invariable qui traverse l'appareil d'utilisation équivaut pour la plupart des applications à un courant continu. On peut d'ailleurs le rendre aussi continu que l'on veut en employant une ampoule munie de plusieurs anodes alimentées chacune par une des phases d'une distribution polyphasée dont le point neutre est relié à la cathode à travers l'appareil d'utilisation et en intercalant des bobines d'inductance sur le circuit de chaque anode. Dans ce qui suit nous supposons, pour simplifier, que l'ampoule ne comporte qu'une seule anode de service.

Autour d'une partie du tube dans lequel se produit la colonne positive de cet arc intermittent nous disposons une gaine métallique et nous établissons entre cette gaine et la cathode une tension alternative de même fréquence que la tension d'alimentation établie entre l'anode et la cathode, mais de phase arbitrairement choisie par rapport à celle-ci. On observe alors les phénomènes suivants :

Supposons d'abord la gaine au voisinage de l'anode.

1° Si la tension gaine-cathode est en concordance de phase avec la tension d'alimentation établie entre l'anode et la cathode, la gaine provoque le passage de l'arc, même quand la pression de la vapeur de mercure est trop faible pour que, sans gaine, l'arc jaillisse spontanément entre l'anode et la cathode (effet positif).

2° Si la tension gaine-cathode est en opposition de phase avec la tension d'alimentation, la gaine provoque l'extinction de l'arc (effet négatif).

3° Si la phase de la tension gaine-cathode présente sur la phase de la tension d'alimentation un *retard* graduellement croissant du voisinage de o au voisinage de π, le courant *moyen* redressé qui passe dans l'arc diminue graduellement de sa valeur maxima à zéro.

4° Si la phase de la tension gaine-cathode présente sur la tension d'alimentation une *avance* graduellement croissante du voisinage de o au voisinage de π, le courant *moyen* redressé qui passe dans l'arc reste constamment égal à sa valeur maxima.

Lorsque la gaine est au voisinage de la cathode, les circonstances de production de l'effet positif et de l'effet négatif sont inversées, c'est-à-dire qu'en reliant la gaine à l'anode on provoque l'extinction de l'arc et en reliant la gaine à la cathode, son allumage. Mais les limites entre lesquelles doit être comprise la densité de la vapeur pour que l'arc d'utilisation soit régulièrement asservi à l'action de la gaine sont en ce cas plus étroites. Il est donc préférable pour les applications de placer la gaine au voisinage de l'anode; nous supposerons toujours qu'il en est ainsi sauf indication contraire.

Ces remarquables propriétés peuvent être établies sous une forme particulièrement frappante qui montre aussi, d'une manière au moins qualitative, la petitesse des courants de gaine suffisants pour contrôler des courants de plusieurs dizaines d'ampères dans le circuit d'utilisation : on remplace la gaine métallique par une main, la main gauche par exemple, en entourant avec les doigts le tube anodique; on touche avec la main droite l'entrée de courant anodique, l'arc s'allume; on fait glisser la main gauche entourant le tube vers la cathode, l'arc s'éteint; on touche l'entrée de courant cathodique avec la main droite, l'arc se rallume; on ramène la main gauche vers l'anode, l'arc s'éteint de nouveau. On peut montrer en effet de la différence de phase entre la tension gaine-cathode et la tension d'alimentation, en réunissant la gaine au curseur mobile d'une résistance qui relie trois bornes convenablement choisies d'une distribution déphasée dont le point neutre est relié à la cathode.

Il n'est d'ailleurs aucunement nécessaire que la valeur maxima, au cours d'une période, de la tension gaine-cathode soit égale à la valeur maxima de la tension d'alimentation. Ainsi, nous avons pu obtenir l'asservissement de l'arc par l'action de la gaine jusqu'à des tensions d'alimentation de 16000 volts, sans dépasser 110 volts pour la tension gaine-cathode. La tension critique positive que doit atteindre la gaine au cours d'une période pour produire l'effet positif reste donc de l'ordre de quelques dizaines de volts. Quant à la tension critique négative qu'elle doit atteindre pour produire l'effet négatif, elle reste voisine de zéro.

Mais ceci n'est vrai que si la densité de la vapeur de mercure n'est ni trop faible ni trop forte, sans quoi l'asservissement par la gaine ne se produit plus. Il en résulte que les conditions dans lesquelles l'asservissement est assuré sont assez étroitement délimitées quand l'ampoule fonctionne dans l'air. Quand elle est convenablement refroidie par de l'huile, les limites d'asservissement sont reculées extrêmement loin et des variations du cou-

rant de gaine de l'ordre du dixième de microampère suffisent à déclancher dans le circuit du courant redressé des puissances utilisables de plusieurs centaines de kilowatts.

L'ampoule fonctionne alors comme un relais d'une extrême sensibilité et d'une énorme puissance, qui possède certaines des propriétés des lampes triodes à émission purement électronique dans le vide. Mais tandis que le pouvoir amplificateur d'une bonne lampe triode est compris entre 6 et 10, celui de notre relais à arc peut atteindre 1 000 000 000. De plus son rendement est beaucoup plus élevé, car la chute de tension dans l'arc reste de quelques dizaines de volts, alors que la chute de tension dans les lampes est beaucoup plus grande.

OPTIQUE. — *La luminescence des gaz solidifiés et leur application à des problèmes cosmiques.* Note (¹) de M. L. **Vegard**, présentée par M. Deslandres.

La Note présente contient quelques résultats de mes recherches sur des propriétés de la lumière émise par les gaz cristallisés en relation avec des phénomènes cosmiques.

Après que la couche d'azote solide, dont il était question dans la Note précédente, a été bombardée pendant un certain temps avec des rayons canaux ou des rayons cathodiques pénétrants, la luminescence résiduelle devient très persistante. Deux ou trois minutes après la suppression des rayons l'intensité de *la lumière reste pratiquement constante pendant des heures et peut-être pendant des jours.*

Ordinairement cette luminescence résiduelle ne manifeste que N_2; cependant si elle est très intense, N_1 ainsi que les bandes diffuses ont été observées.

Avec de l'azote pur obtenu à l'aide du nitride de baryum un effet très intense a été observé. Dans le rouge se montrent deux bandes, dont une est parfaitement définie et persiste dans la luminescence résiduelle de la même manière que le fait N_2.

Quand l'hydrogène liquide est évaporé et que la température monte graduellement, l'énergie emmagasinée est brusquement relâchée par une émission intense de lumière, composée des bandes N_1, N_2, deux bandes rouges

---

(¹) Séance du 7 juillet 1923.

et des bandes diffuses dans le bleu. *Ce dernier groupe de bandes est donc émis par la substance solide.* Simultanément, à 35°,5 K ([1]), la couche d'azote solide subit une modification cristalline. *Au-dessus de ce point de transformation l'azote, irradié avec des rayons positifs ou cathodiques, ne devient que faiblement lumineux;* ni les bandes N_1, N_2, ni celles de la région bleue, ni celles de la région ultraviolette n'apparaissent. *Ces bandes sont donc caractéristiques pour la modification existant au-dessous de* 35°,5 K.

Dans la région de l'atmosphère où N_1 et N_2 sont émises la température est plus basse que 35°,5 K, et la surface isotherme 35,5 K forme la surface de séparation entre une couche supérieure extrêmement excitable et une région inférieure qui a perdu son grand pouvoir émissif.

De cette manière nous expliquons, je pense, le phénomène trouvé par Lindemann ([2]) que la fréquence du météore suivant l'altitude présente deux maxima séparés par un minimum marqué. En effet en dessous de l'isotherme 35°,5 le météore sera fort peu lumineux jusqu'au niveau où la luminosité devient intense à cause de la haute température. En accord avec notre point de vue vient d'ailleurs le fait que le maximum supérieur de la fréquence monte de 75^{km} en hiver à 85^{km} en été.

Les intensités relatives de N_1 et N_2 dépendent de plusieurs facteurs. Le rapport des intensités $\frac{N_1}{N_2}$ croît avec la vitesse et la densité des rayons électriques, et pour des mélanges argon-azote, le rapport croît très vite avec une concentration décroissante d'azote, en d'autres mots N_1 *devient prédominant à mesure que les particules d'azote deviennent plus petites. Ce dernier phénomène peut expliquer la prédominance de* N_1 *dans le spectre de l'aurore boréale.*

A cause de la grande variabilité de rapport $\frac{N_1}{N_2}$ il est très difficile de déterminer exactement la vitesse minimum nécessaire pour exciter ces bandes. Il m'a été possible de poursuivre la bande N_2 jusque 78 volts et N_1 jusque 165 volts.

Une couche non lumineuse d'azote solide ne devient pas luminescente sous l'effet de rayons ultraviolets émanant d'une étincelle nourrie éclatant entre électrodes d'aluminium. Si, au contraire, la couche présente

---

([1]) Le point de transformation a été déterminé par W.-H. KEESOM et H. KAMERLINGH ONNES, *Proc. Roy. Akad. Amsterdam*, t. 24, p. 1315.

([2]) F.-A. LINDEMANN, *Proc. Roy. Soc.*, A., 103, p. 339.

la luminescence persistante, la lumière d'une lampe demi-watt provoque un accroissement notable de la luminescence.

Des couches de O, NH^3 et A solidifiés ont été soumises à des rayons cathodiques et canaux et N^2O a été irradié avec des rayons canaux. A l'exception de l'argon, les phénomènes lumineux furent faibles et aucune luminescence résiduelle ne fut observée. Bien que l'argon donnât une luminescence résiduelle, celle-ci doit être attribuée à des impuretés d'azote.

Abstraction faite de l'effet dû à l'azote, l'argon donne un effet considérable, qui est formé de plusieurs raies connues et d'un spectre à peu près continu.

Par conséquent, ni l'argon ni aucun des autres gaz examinés ne donnent un effet lumineux comparable à celui de l'azote solide au-dessous de 35°,5 K et qui est le seul applicable à l'aurore boréale.

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption des rayons ultraviolets par le sulfure de carbone.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

L'absorption des rayons ultraviolets par le sulfure de carbone liquide à la température ordinaire a déjà été étudiée par divers auteurs ([1]). Ils ont reconnu l'existence d'une première bande d'absorption, dont le milieu se trouve au voisinage de la longueur d'onde $\lambda = 322^{m\mu}$, et d'une seconde bande plus intense dont le milieu se trouve au voisinage de $\lambda = 220^{m\mu}$, mais leurs travaux ne donnent pas de valeurs numériques des coefficients d'absorption. Nous nous sommes proposé de déterminer, de façon aussi précise que possible, la courbe des indices d'extinction à l'intérieur et au voisinage de la bande $\lambda = 322^{m\mu}$.

L'indice d'extinction varie trop rapidement avec la longueur d'onde pour que l'on puisse considérer comme définie la longueur d'onde d'une bande spectrale donnée, à partir d'une source à spectre continu, par un monochromateur de dispersion moyenne. Nous avons donc déterminé un certain nombre de points de la courbe en mesurant l'indice d'extinction pour un certain nombre de radiations monochromatiques, obtenues en prenant les

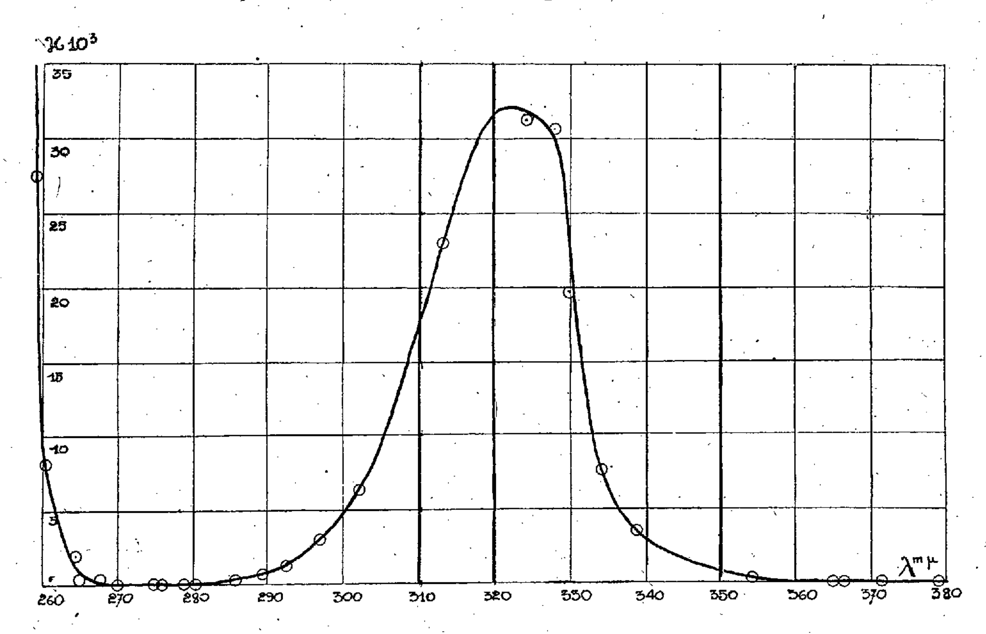
([1]) J. Pauer, *Ann. der Phys.*, t. 61, 1897, p. 363. — E. Flatow, *Ann. der Phys.*, t. 12, 1903, p. 85. — F. F. Martens, *Ann. der Phys.*, t. 6, 1901, p. 603. — E. O. Hulburt, *Astrophys. Journ.*, t. 46, 1917, p. 1.

diverses raies d'une lampe à mercure Cooper-Hewitt en quartz: nous formions l'image de cette lampe, à travers la cuve d'absorption, sur la fente d'un spectrographe à deux prismes de quartz.

Désignons par I_0 le flux lumineux monochromatique de longueur d'onde λ émis par la lampe dans le faisceau utilisé, et par k un coefficient destiné à tenir compte de l'absorption par les lames de quartz qui ferment la cuve et des réflexions sur leurs faces; le flux lumineux I qui sort de la cuve est lié à l'épaisseur z du sulfure de carbone et à l'indice d'extinction χ par la relation

$$I = kI_0 e^{-\frac{4\pi\chi z}{\lambda}}.$$

Nous avons photographié sur une même plaque, avec une même durée de pose bien définie, donnée par un obturateur pendulaire, les spectres obtenus pour une série de 5 à 10 valeurs de l'épaisseur z, et nous avons, pour chacune des raies que nous vou-



lions étudier, déterminé, à l'aide d'un microphotomètre Fabry-Buisson, les densités du cliché obtenu. On sait que, pour des noircissements convenables, le nombre n lu sur l'échelle du microphotomètre est lié par une relation linéaire au logarithme du flux, de sorte qu'on a entre n et z une relation de la forme

$$n = -\frac{4\pi A \log_{10} e}{\lambda}\chi z + B.$$

Nous déterminions graphiquement le coefficient angulaire de la droite représentant les variations de n en fonction de z; nous déterminions le coefficient A pour chaque

plaque et pour chaque raie en faisant varier l'intensité par diaphragmation du faisceau. Nous n'avons employé, pour les déterminations de $\varkappa$ ou de A, que des droites définies au moins par 5 points, et nous avons éliminé les mesures pour lesquelles ces points ne se plaçaient pas bien en ligne droite.

Pour obtenir commodément une série d'épaisseurs différentes, nous avons utilisé des cuves en forme de coin, à arête parallèle à la fente du spectrographe, dont une lentille formait l'image sur cette fente. Il suffisait de les déplacer dans leur plan pour faire varier z; les épaisseurs avaient été déterminées au préalable par une méthode interférentielle. Leur valeur maxima a atteint, suivant les raies, 15 à 750^{μ}.

Les résultats de nos mesures sont résumés par le tableau ci-dessous, et représentés par la courbe ci-contre. Les seules erreurs appréciables peuvent provenir des mesures photométriques et des variations irrégulières d'éclat de l'arc au mercure. Les meilleures mesures sont indiquées par une astérisque, et sont sans doute exactes à 2 ou 3 pour 100 près; pour les autres, l'erreur peut atteindre 10 pour 100.

λ(A).....	2536.	2576.	2603.	2642.	2654.	2675.	2700.	2753.	2760.	2791.
$10^3\varkappa$....	137	27,4*	7,55*	1,75	0,44	0,135*	0,043	0,040	0,048	0,135*
λ.......	2803.	2857.	2894.	2925.	2967.	3024.	3126-32.	3247([1]).	3274([1]).	
$10^3\varkappa$....	0,151	0,41	0,725*	1,11*	2,86	6,27*	23,2	31,5	30,7*	
λ......	3303([2]).	3341.	3387.	3543.	3652.	3663.	3708.	3790.	3906.	3984.
$10^3\varkappa$..	19,8	7,7*	3,55	0,53	0,075*	0,05	0,0465*	0,016	0,005	$<$0,001

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'état solide envisagé du point de vue électrique: dispersion dans le domaine hertzien.* Note ([3]) de M. J. **Errera**, transmise par M. Jean Perrin.

La variation du pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.) d'un milieu avec la fréquence ou « dispersion électrique » nous donne, comme toute variation du p. i. s., un aperçu sur les mouvements de polarisation des éléments constitutifs, puisque ce sont eux qui sont l'origine de cette propriété électrique de la matière.

([1]) Raie obtenue à l'aide d'une série déterminée d'étincelles entre pointes de cuivre. Les valeurs relatives aux deux raies 3247 et 3274 étant obtenues sur la même plaque, on peut affirmer que la différence entre ces deux valeurs est comprise entre 1 et 3 pour 100.

([2]) Raie obtenue par des étincelles entre pointes de zinc.

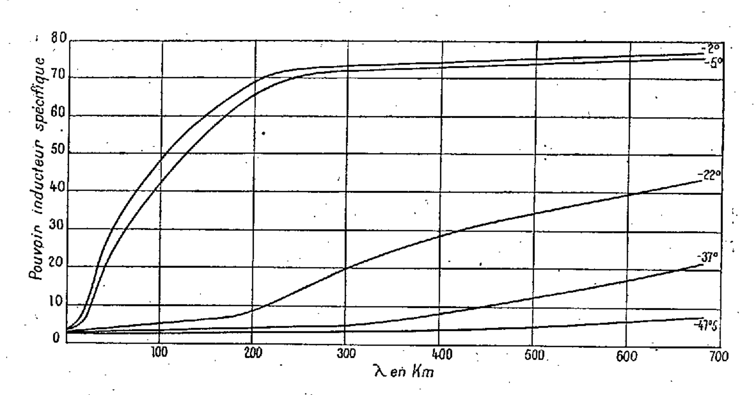
([3]) Séance du 16 juillet 1924.

Nous avons employé, pour mesurer les p. i. s. à des fréquences correspondant à des λ compris entre 500^{m} et 1000^{km}, la méthode de capacité de Nernst, avec un triode comme source de courant. Comme contrôle nous avons mesuré le p. i. s de capacités à air et à milieu diélectrique liquide de diverses conductivités. Le p. i. s. restait constant : il n'y avait pas de dispersion.

Pour les solides, au contraire, au voisinage du point de fusion, l'allure du phénomène est toute différente. Nous donnons en détail nos résultats expérimentaux pour la glace :

Le p. i. s. de la glace, depuis 1892, a déjà fait l'objet de nombreuses recherches. Schrœdinger (¹) qui a rassemblé les valeurs, variant de 2 à 94, trouvées par les divers auteurs à une température voisine de 0° et à des fréquences comprises entre $\nu = 0$ et $\nu = 10^8$, dit : « que les avis sont partagés sur la cause de ces divergences : s'agit-il de véritable dispersion ou de causes d'erreurs qui disparaissent aux hautes fréquences (conductivité, polarisation électrolytique)?

Nous donnons ci-dessous les courbes de dispersion que nous avons obtenues.



Pour les basses fréquences et les températures voisines de 0° le p. i. s. de la glace se rapproche de celui de l'eau. Aux basses températures, au contraire et déjà à −47° le p. i. s. de la glace ne varie presque pas et à −200° toutes les valeurs trouvées aux différentes fréquences par d'autres auteurs sont comprises entre 2 et 3.

Nous avons établi également les courbes de dispersion pour d'autres

(¹) SCHRŒDINGER, *Handbuch der Elektrizität and des Magnetismus* (Graetz), t. 1, 1918, p. 209.

solides (le sulfate diméthylique, le nitrobenzène, l'acide acétique, l'alcool butylique tertiaire, le benzène et le cyclohexane, le bromure d'éthylène, le chlorure de benzoyle, le métacrésol). Dans tous ces cas la dispersion est anomale.

En résumé les faits se présentent ainsi: la courbe de dispersion des solides (variation du p. i. s. en fonction de λ) dépend de la température. A toute température, le p. i. s. croît avec la longueur d'onde. Très prononcé au voisinage du point de fusion, cet accroissement devient faible à basse température. La solidification entraîne une variation brusque du p. i. s., variation qui peut changer d'ailleurs de sens avec λ. Pour les hautes fréquences la solidification diminue le p. i. s ; à basse fréquence au contraire il semble que les corps augmentent de p. i. s. en se solidifiant.

L'interprétation qui semble la plus naturelle est que deux phénomènes différents concourent à la polarisation électrique ; selon la température et la fréquence leur importance relative change. *Le premier*, qui est le mouvement des particules (atomes, molécules, ions) selon des coordonnées linéaires ou angulaires, est déterminé :

1° Par le champ appliqué ;

2° Par les forces de rappel vers une position d'équilibre (élasticité d'un réseau cristallin) ou par celles qui s'opposent à l'orientation régulière (agitation thermique) ;

3° Par l'inertie des particules ;

4° Par les résistances d'allure visqueuse.

Ces sortes de forces entraînent les conséquences suivantes, conformes aux faits : 1° l'accroissement de fréquence, à température donnée, doit rendre moins prononcée l'amplitude des mouvements, car les effets de l'inertie et des résistances doivent augmenter avec la fréquence imposée ; aux grandes fréquences tout se passe comme si les particules n'avaient pas le temps de suivre les inversions ; 2° l'abaissement de température, à fréquence donnée, doit diminuer cette amplitude par augmentation prépondérante des forces visqueuses.

Le *second* phénomène est le mouvement des électrons à l'intérieur de chaque particule, mouvement dont le résultat est de créer une polarisation particulaire, si la particule était neutre, de modifier cette polarisation si la particule était déjà un dipôle.

L'inertie des électrons étant faible, les résistances inexistantes (au moins tant qu'il ne s'agit pas d'émission ou d'absorption), ce second phénomène doit être moins variable avec la fréquence et pratiquement indépendant de

la température; sa grandeur correspond d'ailleurs à un p. i. s. relativement faible.

On prévoit ainsi qu'à basse température le premier effet ayant beaucoup diminué devient peu important vis-à-vis du second : donc le p. i. s. varie moins avec la fréquence; la température s'élevant le premier effet augmente et la variation du p. i. s. avec la fréquence s'accentue. D'ailleurs pour les très grandes fréquences le second effet subsiste presque seul et le p. i. s. tend vers une limite indépendante de la température; ce qui est d'accord avec les résultats expérimentaux. Si nous appelons « p. i. s. propre du solide » celui qui est provoqué par ce second effet, nous voyons, qu'au point de vue électrique, l'état solide commence à une température différente suivant la fréquence.

Expérimentalement cette variation du p. i. s. peut être comparée à celle que subit la chaleur spécifique des solides : elle diminue également avec la température et s'annule même à très basse température : la loi de Dulong et Petit ne se vérifie plus.

RADIOACTIVITÉ. — *Entraînement du polonium par le chlorure d'argent.* Note [1] de M. J. **Escher-Desrivières**, présentée par M. G. Urbain.

D'après Paneth et plusieurs auteurs, le polonium, en solution franchement acide est à l'état ionique, tandis qu'en solution alcaline, neutre, ou faiblement acide, il est à l'état colloïdal. Il était intéressant de comparer les modes d'entraînement de cet élément, par un entraîneur peu soluble, dans l'un et l'autre cas.

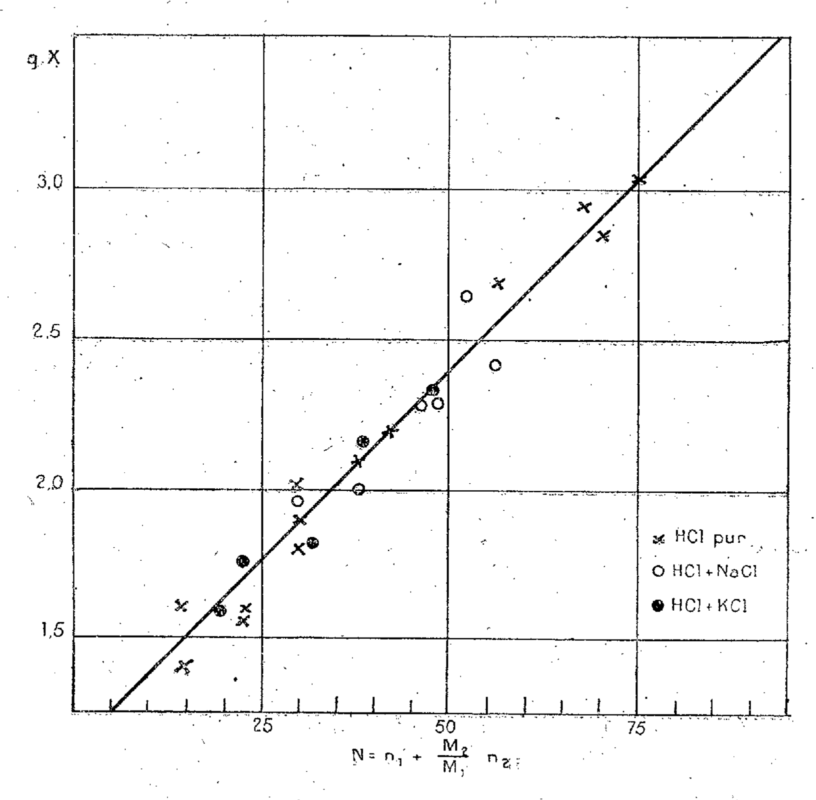
De plus, au laboratoire de Mme Curie, le polonium, est préparé, à l'état de pureté, comme suit : l'élément radioactif est déposé sur une lame d'argent, qui est ensuite dissoute dans NO^3H. L'argent est précipité par ClH, et en général le polonium reste en solution. Préciser les conditions de cette répartition favorable du radioélément présentait un intérêt pratique.

En effet, si la masse du précipité est suffisamment importante (100^{mg} de ClAg, par exemple, pour un volume total de 3^{cm^3}) le polonium, à condition que la solution ne contienne qu'un faible excès de HCl, est entraîné dans une très forte proportion par le précipité, même si la solution est fortement acidulée par l'acide nitrique. D'ailleurs un faible excès de HCl dans

[1] Séance du 23 juillet 1924.

le système suffit, pour retenir dans le liquide, une quantité relative importante de la substance active. La stabilisation du polonium dans la solution n'est pas liée au nombre d'ions H mais bien à la nature et au nombre des anions qu'elle contient. En effet, tandis que l'acide nitrique, dans les conditions du problème, se manifeste, comme un mauvais stabilisateur du polonium dans le liquide, les chlorures alcalins (K, Na, Li) et aussi le chlorure ferrique, possèdent un pouvoir stabilisateur très net, à condition toutefois que la solution soit nettement acide. Toutefois les chlorures divalents (Ba, Zn, Mg) sont, à ce point de vue, inactifs.

Une étude complète a été faite de l'action de l'acide HCl en excès, associé, ou non, aux chlorures de sodium et de potassium.



Pour un volume fixé du mélange, et une masse déterminée de ClAg formé, le rapport X du polonium dissous au polonium précipité dépend d'un facteur complexe. Si le système contient n_1 molécules de HCl et n_2 molécules d'un chlorure alcalin, si M_1 et M_2 désignent respectivement les masses moléculaires de l'acide et du chlorure, la relation qui lie X et

ces quantités est la suivante :

$$X = a c^{\alpha(M_1 n_1 + M_2 n_2)}, \quad (1)$$

a et α étant deux constantes (a dépend de la masse du précipité).

Ce rapport X ne change d'ailleurs pas, lorsque la quantité totale de polonium utilisé varie dans certaines limites, la quantité totale se mesurant par la production d'un courant d'ionisation pouvant varier entre $\frac{1}{10}$ et 10 unités électrostatiques.

Si la formule de Freundlich est applicable aux réactions d'entraînement, nous sommes cependant, dans le cas qui nous préoccupe, très loin de la zone de saturation du précipité par la substance adsorbée.

Il est intéressant de remarquer que le mode d'entraînement du polonium par un précipité peu soluble, en solution acide et alcaline est le même. Dans ces deux cas différents la formule qui lie X à la composition de la solution est analogue.

La courbe ci-dessus est relative à une masse de $ClAg = 170^{mg}$ et à un volume total du mélange de 3^{cm^3}. Les expériences ont été faites pour une part avec HCl purifié, ou bien avec un mélange de HCl et de NaCl, ou enfin un mélange HCl et KCl.

Les logarithmes de X sont portés en ordonnées, et en abscisse un nombre variable N, proportionnel aux quantités $n_1 M_1 + n_2 M_2$; n_1 et n_2 désignent les nombres de centimètres cubes de solution décinormale de HCl et du chlorure contenant les quantités d'acide HCl ou de sel présents dans le système; les masses moléculaires qui interviennent dans l'expression sont exprimées en prenant pour unité la masse moléculaire de HCl. On pose

$$N = n_1 + n_2 \frac{M_2}{M_1}.$$

RADIOACTIVITÉ. — *Sur de faibles variations de la chaleur dégagée par divers échantillons de bromure de radium.* Note de M. **J.-H. Le Bel**, présentée par M. G. Urbain.

En enfermant 1^{cg} de bromure de radium cristallisé dans un tube de Dewar de 15^{cm} de longueur et garni de duvet, j'ai accumulé dans une large mesure la chaleur qu'il produit. L'excédent de température sur la température ambiante était observé à l'aide d'un couple thermo-électrique différentiel de fer constantan. Au radium près, les deux soudures se trouvaient

dans des conditions analogues. Le tout était placé dans une cave, à 20^m de profondeur, voûtée en pierre calcaire et dont les murs n'exerçaient aucune action sur un détecteur très sensible formé par 50 éléments Le Chatelier.

Le régime étant établi, la déviation du galvanomètre était d'environ 40^{cm}. D'une manière générale celle-ci variait peu; mais, une ou deux fois par mois, j'ai constaté des diminutions de 10 à 15^{mm}.

Un second appareil, placé dans les mêmes conditions, a indiqué les mêmes minima *très exactement coïncidants dans le temps*. Le phénomène a donc une origine extérieure au radium lui-même. La même expérience sera installée dans une grotte des Eyzies. Il serait désirable, pour vérifier si l'origine du phénomène est d'ordre tellurique, que l'expérience soit reproduite dans un pays très éloigné, et si possible sur le nouveau continent.

Si les variations, dans les deux pays, restent concordantes, il deviendra probable que leur origine ne dépend pas de la constitution de la croûte terrestre. Je serais heureux de correspondre avec les savants qui, tentés par cette expérience, voudraient bien m'indiquer la date et la grandeur relative des minima qu'ils auraient observés.

RADIOACTIVITÉ. — *Entraînement du polonium par les colloïdes.* Note de M. **James H. Brennen**, présentée par M. G. Urbain.

L'objet de cette recherche était d'étudier l'adsorption du polonium par des colloïdes.

On ne peut pas employer la dialyse ou l'ultrafiltration pour séparer la phase liquide de la phase colloïdale en présence du polonium car en solution neutre ou acide faible le polonium ne diffuse pas par la membrane animale [1]. Pour cette raison, on a essayé la précipitation du colloïde par des électrolytes. Le précipité a été filtré au travers du papier filtre à pores très fins tel que celui qui sert à filtrer le sulfate de baryte. Celui-ci retient très bien le précipité en même temps qu'il laisse passer le polonium dissous après huit ou dix lavages avec l'eau distillée. Dans les expériences préliminaires avec de l'eau pure le papier filtre n'a pas retenu plus de 1 pour 100. Les solutions employées contenaient par centimètre cube des quantités de polonium qui produiraient un courant de saturation de 0,1 à 1 U.E.S. dans une chambre utilisant l'ionisation totale.

---

[1] Paneth, *Wiener Akad. Ber.*, t. 121, 1912, p. 2193.

Les quantités de polonium contenues dans la solution et dans le précipité ont été déterminées par la méthode couramment employée au laboratoire de M^me Curie et décrite ailleurs (1).

L'entraînement du polonium par les colloïdes différents a été trouvé dépendant de deux facteurs de temps :

A. Le temps que le polonium a été en contact avec le colloïde avant la précipitation ;

B. Le temps que le précipité a été laissé déposer avant la filtration.

Avec un temps B aussi court que possible, n'excédant pas une minute, le pour cent du polonium entraîné par le précipité augmente dans les premières minutes du temps A en atteignant un maximum après 20 à 30 minutes. On explique cette action par la diffusion du polonium dans l'intérieur des particules colloïdales. Ces résultats présentent une analogie avec ceux de Cranston et Hutton (2) qui ont trouvé que le rapport du Th B et du Th C ou du Ra B et du Ra C adsorbés par le colloïde hydroxyde ferrique dépend du temps pendant lequel le dépôt actif a été en contact avec le colloïde avant la précipitation. Dans le cas des colloïdes silice et alumine hydratée, à cause du temps prolongé qui a été nécessaire pour précipiter le colloïde, on n'a pas pu vérifier ce fait.

Résultats.

Substance colloïdale.	Volume du liquide en cm³.	Poids du précipité en milligr.	Agent précipitant.	Pourcentage maximum de polonium entraîné par le précipité.
Argent	1,5	0,24	$Al^2(SO^4)^3$	97,8
Hydroxyde ferrique	1,5	0,24	K^2SO^4	96,8
	1,5	4,8	K^2SO^4	98,2
Silice	1,5	0,24	$BaCl^2$	27,8
	1,5	1,5	$BaCl^2$	86,2
Alumine hydratée	5,0	13,5	$K^4Fe(CN)^6$	77,9

Avec un temps A aussi court que possible, n'excédant pas une minute, le pour cent du polonium entraîné par le précipité augmente avec le temps qui s'écoule entre la précipitation et la filtration et atteint un maximum qui est à la précision expérimentale le même que celui du paragraphe précédent. On explique ceci de la manière suivante. Quand on ajoute des électrolytes à

(1) M. Escher, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 172-173.
(2) *Chemical Society*, t. 123, 1923, p. 1318.

un sol il n'y a pas tout de suite une précipitation complète mais les particules colloïdales commencent par s'agrandir, ce qui demande un certain temps; pendant ce temps le polonium est adsorbé à la surface de la particule et aussi il diffuse à l'intérieur. Après un certain temps, un état d'équilibre est atteint.

Aussi quand on précipite le colloïde et que l'on ajoute ensuite le polonium, le pour cent du polonium adsorbé par le précipité augmente rapidement et atteint après une demi-heure le même maximum que ci-dessus.

Il est intéressant de constater qu'une si petite quantité de précipité des colloïdes, hydroxyde ferrique et Ag, puisse entraîner pratiquement tout le polonium.

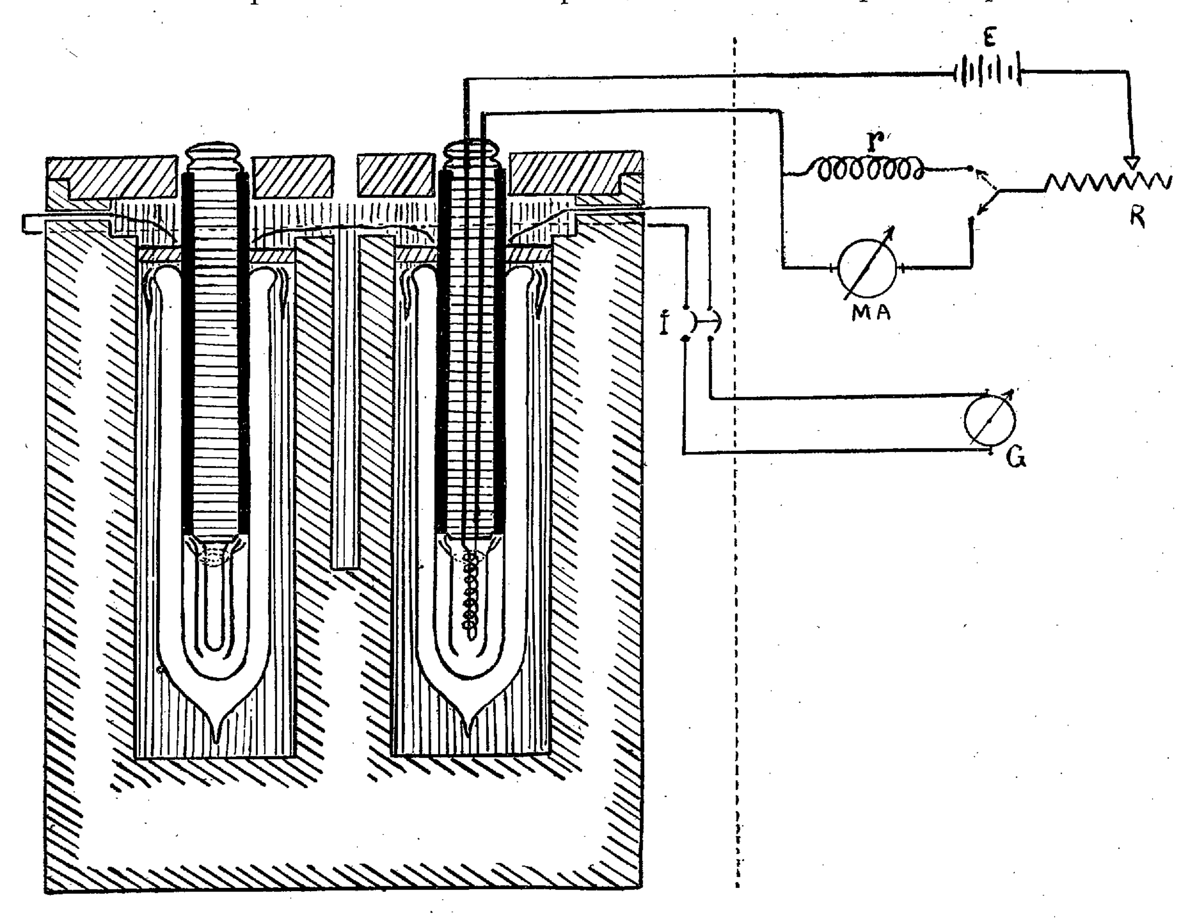
RADIOACTIVITÉ. — *Sur un appareil à mesurer la chaleur dégagée par les corps radioactifs.* Note de M. **D. Yovanovitch**, présentée par M. G. Urbain.

Dans un travail ayant pour but de mesurer la chaleur dégagée par les substances radioactives, pendant leurs transformations, j'ai étudié divers procédés calorimétriques. J'ai adopté la méthode de compensation comme la plus pratique en rapportant les mesures à un étalon de radium pur et en tenant compte de la formation du polonium. Il existe déjà des procédés de ce genre parmi lesquels je citerai celui de E. v. Schweidler et Hess (1), Wertenstein (2) et tout récemment de Tian (3).

Principe. — Si l'on introduit dans une enceinte bien protégée au point de vue thermique un corps qui dégage de la chaleur, le débit $\frac{dQ}{dt}$ élève la température de l'enceinte jusqu'à une température Θ qui est bien définie lorsque ce débit est équilibré par la perte de la chaleur de l'enceinte, soit par conductibilité soit par rayonnement. Cette enceinte est comparée à une autre enceinte identique. On communique à celle-ci un débit $\frac{dQ}{dt}$, au moyen d'une spire de résistance r qu'on chauffe électriquement. Avec les couples thermo-électriques et un galvanomètre on constate l'égalité de température entre les deux enceintes. Les couples thermo-électriques sont disposés de telle manière qu'on mesure la différence de température entre l'enceinte et un bain dans lequel ils sont placés.

(1) *Wien. Ber.*, t. 117, 1908, p. 879.
(2) *Journ. de Phys.*, t. 1, 1920, p. 126.
(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 707.

Description de l'appareil (le croquis donné ci-après). — Deux vases Dewar avec des parois minces ($0^{mm},4$) et argentées forment deux enceintes. Dans chaque vase se trouve délimité un espace de $2^{cm^3},3$ par un tube en fibre dépassant extérieurement le vase Dewar. Ce tube porte un bouchon d'ébonite qui ferme exactement la petite chambre dans laquelle on place le



corps à examiner. Les piles sont faites de fils minces ($d = 0^{mm},15$) du cuivre et du constantan. Trente-cinq de ces piles sont déposées extérieurement dans les rainures le long du tube en fibre et les soudures intérieures portent un prolongement de 30^{mm} du fil du cuivre. Ces prolongements sont ramassés sans se toucher et forment une grille. Les soudures extérieures sont isolées séparément par une couche de vernis. Le tube en fibre est scellé avec le vase Dewar par de la paraffine et le tout est plongé dans des cavités d'un bloc de fer. L'autre vase identique porte les soudures en sens

inverse. Le mercure couvre complètement les vases Dewar avec les soudures extérieures. Le bloc de fer est protégé contre toute influence extérieure par trois boîtes en plomb concentriques, entre lesquelles se trouve du coton.

Mesures. — On place le corps dans le vase gauche dans une petite nacelle en aluminium suspendue sous le bouchon d'ébonite. En réglant le courant de la batterie E au moyen d'une résistance R on arrive à ce que le spot du galvanomètre reste constamment au zéro. Le milliampèremètre MA indique l'intensité du courant i. On remplace le corps par l'étalon et l'on obtient de la même manière i_1. On a alors $\frac{dQ}{dQ_1} = \frac{i^2}{i_1^2}$.

RADIOACTIVITÉ. — *Les rayons γ de très grand quantum et l'origine photo-électrique du spectre β naturel du radium.* Note de M. **Jean Thibaud**, transmise par M. M. de Broglie.

J'ai montré dans une précédente Note [1], par l'étude d'un spectre photo-électrique obtenu avec le plomb, comment les principaux rayons β rapides du spectre naturel du radium C pouvaient être attribués à un effet secondaire de rayons γ monochromatiques émis par cette substance et présentant des énergies :

Tableau I.

Kilovolts..............	605	1123	1241	1420	1763

Il était nécessaire, pour préciser l'origine photo-électrique du spectre β et les attributions de niveau d'extraction, de faire agir ces rayons γ sur d'autres éléments que le radium (ou son isotope le plomb) et de montrer que, pour une même raie et différents radiateurs, la variation de l'énergie du rayon β excité est égale à la variation de l'énergie du niveau d'absorption.

La méthode utilisée est toujours celle de déviation magnétique et d'enregistrement photographique avec les perfectionnements que nécessite la mesure de rayons corpusculaires de vitesse atteignant $0,98^c$. Le spectre photo-électrique dû au radium C était d'ailleurs le moins connu, ce corps n'excitant que des rayons pour la plupart bien moins intenses et de vitesses

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1706.

bien plus considérables que ceux dus au radium B. Par suite, la variation relative d'énergie apportée au corpuscule éjecté par le changement d'élément radiateur devient minime et la dispersion de l'appareil, ainsi que la précision des mesures, doivent être assez importantes pour l'atteindre. Dans le spectrographe utilisé, le rayon de courbure des trajectoires électroniques peut aller jusqu'à 12^{cm}, nécessitant, pour obtenir une uniformité suffisante du champ, des pièces polaires de 40^{cm} de diamètre et des enroulements spécialement étudiés. L'appareil consomme près de 1 kilowatt.

Les divers éléments soumis au rayonnement d'un tube de radium en équilibre sont utilisés sous forme de tubes, de lames, de baguettes fondues ou d'agglomérés, dont l'épaisseur augmente à mesure que le nombre atomique de l'élément diminue. Il y a grand intérêt, surtout pour les éléments assez légers, à employer la substance à l'état simple et aussi pure que possible. Les oxydes, les sels pulvérulents laissent filtrer entre les atomes à étudier un spectre naturel β intense qui masque l'effet photo-électrique. Enfin les poudres donnent difficilement, tandis que les métaux fondus, surtout s'ils sont tenaces, présentent un spectre photo-électrique pur, à raies très nettes.

1. L'étude de la conversion de rayons γ du radium en rayons corpusculaires a été poursuivie au moyen des rayons γ d'énergie 348 kilovolts pour le radium B et 605 kilovolts [1] pour le radium C sur les éléments suivants : uranium, plomb, platine, tungstène, cérium, antimoine, étain, argent, sélénium, cuivre.

Pour tous ces corps, ces rayons γ excitent des électrons issus du niveau K (et pour les plus lourds, uranium, plomb, platine, tungstène, issus du niveau L) dont les énergies obéissent à la même loi de quantum que celle établie par M. de Broglie pour les rayons corpusculaires dus aux rayons X :

(1) Énergie de l'électron émis = (énergie du rayon γ incident) — (énergie du niveau excité).

2. Les rayons γ prévus (I) ont été recherchés systématiquement au moyen de leur spectre photo-électrique.

J'ai pu obtenir des spectres présentant des raies nouvelles dont les énergies suivent :

Tableau II.

Radiateurs	U.	Pb.	W.	Ag.
Niveau K	117.	89,3.	69,5.	25,6.
	1004	1034	1057	1100
	1122	1151		
	1650	1677		
		1755		

(1) Le rayon γ de 605 kilovolts du radium C se présente comme le plus intense de

Toutes ces raies corpusculaires (sauf 1755 provenant du niveau L) proviennent de la couche K et obéissent à la loi (1) dont l'application se trouve ainsi établie pour des rayons excitateurs de plus de 1 million de volts.

Il est remarquable que les clichés ne présentent pas trace d'un effet photo-électrique dû au rayon γ d'énergie 1420 kilovolts, prévu, d'après une raie assez forte (E) du spectre naturel, comme aussi intense que le rayon γ de 1123 kilovolts.

Ces résultats me permettent de donner l'ensemble des radiations γ pénétrantes du radium C.

Tableau III.

	Rayons γ du RaC.		
Intensité.	Énergie (kilovolts).	Longueur d'onde. 10^{-11} cm.	Fréquence. 10^{20}.
Intense	605	20,5	1,46
Assez intense	1123	11,0	2,7
Assez faible	1241	10,0	3,0
Assez faible	1763	7,04	4,26

3. En se reportant au spectre naturel du radium C (Note précédente, Tableau II), il est ainsi confirmé que toutes les raies importantes du spectre β naturel du RaC et de grande vitesse (raies K, H, G, F, C, B de Rutherford), à l'exception de la raie E, encore inexpliquée, *sont dues à un effet photo-électrique des radiations pénétrantes* du Tableau II. Ceci donne une vue simple du mécanisme de l'éjection du spectre β naturel.

4. Lorsque le radium est au contact d'un autre élément, on se trouve en présence de deux émissions corpusculaires, donnant des spectres *semblables*, plus ou moins décalés comme énergie, dus l'un et l'autre à la conversion des rayons γ en électrons éjectés : en premier lieu, le spectre β naturel, résultant de l'excitation de l'atome radium, en second lieu le spectre photo-électrique de l'élément au contact. Le spectre naturel, d'après mes clichés, est au moins quatre fois plus intense que le second : résultat favorable à l'idée, déjà énoncée par Ellis, que c'est à l'atome émetteur du rayon γ qu'appartient la probabilité la plus grande de l'absorber et de le convertir en photo-électrons.

5. Enfin, je viens d'établir récemment un spectrographe moins dispersif à champ beaucoup plus considérable afin d'explorer le domaine spectral d'énergie voisine de 2 millions de volts. Plusieurs raies se sont déjà révélées dans cette région.

---

tous ceux émis par ce corps. On lui doit la plupart des effets de la radiation pénétrante du radium (mesures d'absorption).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le seuil photochimique et les énergies de liaison.* Note [1] de MM. **André Job** et **Guy Emschwiller**, transmise par M. Jean Perrin.

Le but de l'énergétique nouvelle en chimie doit être, croyons-nous, de répartir, autant que possible, dans le détail des structures, les variations d'énergie dont la thermochimie ne peut donner que le bilan global. Pour celà, nous admettrons provisoirement une hypothèse d'additivité ; nous supposerons que la rupture de chaque liaison entre atomes exige une quantité déterminée d'énergie et que, pour libérer tous les atomes à la fois, il faudrait donner justement à la molécule une énergie égale à la somme des modules attribués à chaque liaison.

Dans une Note récente [2], nous avons déterminé l'énergie nécessaire pour détacher un atome d'iode d'une molécule d'iodure d'éthyle. Nous avons admis avec Einstein que le changement chimique provoqué sur l'iodure d'éthyle par une radiation de fréquence ν suppose l'absorption d'un quantum $h\nu$ d'énergie ; nous avons supposé de plus qu'aucune autre activation n'était ici nécessaire. Dans ces conditions, si l'iode est lié directement au carbone par une covalence, le quantum $h\nu$ est au moins égal à l'énergie de liaison de cette covalence. En prenant soin de caractériser la radiation active de plus petite fréquence, c'est-à-dire le seuil de la réaction photochimique, nous pouvons espérer que le quantum $h\nu$ sera précisément égal à l'énergie de liaison.

Nous allons voir maintenant comment cette donnée peut servir à évaluer les autres énergies de liaison de la molécule d'iodure d'éthyle. Analysons, comme le fait K. Fajans, la chaleur de combustion; nous représenterons l'énergie de liaison entre deux atomes A et B par le symbole Q_{A-B} et la chaleur de combustion d'une molécule ou d'un atome R par [R].

Imaginons que, pour brûler l'iodure d'éthyle, on détache préalablement chaque atome de la molécule; en admettant que Q_{C-H} représente *la valeur moyenne* de l'énergie des liaisons C — H dans l'iodure d'éthyle, on pourra écrire

$$(1) \qquad -5Q_{C-H} - Q_{C-C} - Q_{C-I} + 5[H] + 2[C] + \frac{1}{2}Q_{I-I} = [C^2H^5I].$$

---

[1] Séance du 16 juillet 1924.

[2] André Job et Guy Emschwiller, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 52-54.

Dans cette équation nous connaissons :

$[C^2H^5I] = 356,7 \pm 0,5$ cal. kg. par mol. g.
(Berthelot, *Ann. Chim.*, 7e série, t. 21, 1900, p. 300) (1);
$Q_{I-I} = 36,8 \pm 1,1$ cal.
(Starck et Bodenstein, *Z. f. Elektrochemie*, t. 16, 1910, p. 966);
$Q_{C-I} = 69,3$ cal., par nos propres mesures.

Pour pouvoir calculer Q_{C-H} et Q_{C-C} en fonction des chaleurs de combustion des atomes de carbone et d'hydrogène, il nous faut une deuxième équation de combustion d'un dérivé monoiodé, par exemple celle de l'iodure de propyle normal; nous supposerons, *en première approximation*, que les valeurs moyennes des énergies des liaisons C — C et C — H sont les mêmes (2) dans C^2H^5I et dans C^3H^7I. L'équation de combustion de C^3H^7I peut s'écrire

$$(2) \qquad -7Q_{C-H} - 2Q_{C-C} - Q_{C-I} + 7[H] + 3[C] + \frac{1}{2}Q_{I-I} = [C^3H^7I].$$

D'après Berthelot (*Ibid.*, p. 301), $[C^3H^7I] = 515,5 \pm 1$ cal.

Des équations (1) et (2) nous déduisons, en utilisant les données numériques :

$$Q_{C-C} = \frac{[C]}{3} + 7,1 \pm 3 \quad (3),$$
$$Q_{C-H} = [H] + \frac{[C]}{3} - 82,9 \pm 1.$$

Telles sont, en fonction de [C] et de [H], les valeurs moyennes des énergies de liaison C — H et C — C dans les premiers dérivés monoiodés primaires des carbures saturés.

De la même manière, dans les carbures saturés, nous pouvons calculer les valeurs moyennes des énergies des liaisons C — H et C — C (appelons-les ici Q'_{C-H} et Q'_{C-C}). Pour cela nous faisons état des chaleurs de combustion du propane (Berthelot) et de l'octane normal (T.-W. Richards et R.-H.

---

(1) Berthelot indique en réalité la chaleur de combustion de C^2H^5I liquide donnant I^2 solide, H^2O liquide, CO^2 gazeux; nous rapportons la chaleur de combustion à l'iodure gazeux donnant I^2 gazeux.

(2) Plus tard on pourra serrer de plus près le problème et déterminer comment varie chaque liaison individuelle en fonction de son éloignement du carbone iodé.

(3) On voit ici le grand intérêt qui s'attache à pousser à une extrême précision les déterminations thermochimiques.

Jesse); nous obtenons, avec une grande précision, les résultats suivants :

$$Q'_{C-C} = \frac{[C]}{2} - 49,1,$$

$$Q'_{C-H} = [H] + \frac{[C]}{4} - 53,8.$$

Arrivés à ce point, nous pouvons poursuivre notre raisonnement de deux façons :

1° Nous supposerions arbitrairement que les énergies Q_{C-C} et Q'_{C-C} sont égales. Nous obtiendrions $Q_{C-C} = Q'_{C-C} = 119,4$ cal., et nous déduirions aussitôt la chaleur de combustion de l'atome de carbone : 337 ± 18 cal.; elle conduirait à une chaleur de vaporisation du diamant de 243 cal., supérieure aux déterminations récentes de Wertenstein et Jedrzejewski (216) et de de Forcrand (172).

2° Si nous adoptons successivement les valeurs de Wertenstein et Jedrzejewski et de de Forcrand, nous déduisons chaque fois une valeur de la chaleur de combustion de l'atome de carbone, soit 310 et 266 cal.; il en résulte pour Q_{C-C} et Q'_{C-C} des valeurs chaque fois différentes.

(*a*) $Q_{C-C} = 110,4$ cal., $Q'_{C-C} = 105,9$ cal.;
(*b*) $Q_{C-C} = 95,8$ cal., $Q'_{C-C} = 83,9$ cal.

Dans les deux cas, Q_{C-C} est supérieur à Q'_{C-C}; Q_{C-H} corrélativement sera inférieur à Q'_{C-H}.

Les progrès de la physique permettront de fixer avec précision la valeur [C] contestée ; en attendant, nous chercherons nous-mêmes par des comparaisons dans d'autres séries à déterminer la plus vraisemblable des valeurs proposées par les physiciens.

Quant à la chaleur de combustion de l'atome d'hydrogène, dont nous avons besoin pour calculer Q_{C-H} et Q'_{C-H}, elle dépend de la chaleur de formation Q_{H-H} de la molécule H^2 à partir des atomes; les physiciens la placent entre 80 et 95 cal. (Langmuir 84); nous la préciserons prochainement en déterminant le seuil de photolyse du gaz iodhydrique.

Le premier mode de raisonnement donne une satisfaction apparente en ce qu'il règle immédiatement la question, mais il est arbitraire de supposer $Q_{C-C} = Q'_{C-C}$. Nous préférons la seconde méthode, parce qu'elle est plus logique et plus suggestive; déjà elle montre que la présence de l'iode a pour effet de déterminer dans son voisinage un resserrement énergétique des carbones et un relâchement des hydrogènes; elle ne donne pas pour l'ins-

tant de valeurs précises, mais elle oriente vers la connaissance profonde des influences exercées par un groupement fonctionnel sur les énergies des liaisons dans les molécules.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dissociation pyrogénée de l'hexadécane.* Note (¹) de MM. **H. Gault** et **F.-A. Hessel**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note antérieure (²) en commun avec M. Y. Altchidjian, nous avons indiqué la préparation de l'hexadécane et le mode opératoire que nous nous proposions de suivre pour en étudier la dissociation pyrogénée : nous avons successivement étudié l'influence de la longueur du four et de la température à débit constant, puis de la température et du débit à longueur de four constante.

Nous résumons dans cette Note quelques-uns des résultats que nous a donnés l'analyse des gaz et des fractions liquides brutes recueillis au cours de la dissociation.

Nous avons adopté la marche analytique suivante :

1° *Gaz.* — Recherche qualitative de l'acétylène et dosage de la totalité des carbures non saturés, du benzène, de l'oxygène (provenant de l'air contenu dans l'appareil), de l'hydrogène et enfin, par différence, de l'ensemble des carbures saturés.

2° *Liquide.* — Densité. Indice de réfraction. Indice d'iode. Solubilité dans le sulfate de diméthyle (indice de carbures aromatiques).

I. Influence de la longueur de chauffage et de la température a débit constant :

Nous avons étudié les températures suivantes : 390°, 470°, 540°, 615°, 685°, 750°, 815°, en employant les fours 16^{cm}, 32^{cm}, 48^{cm}, 64^{cm}. Débit : $1 cm^3/min$.

A. Gaz (voir courbes). — A 390°, pas de gaz; à 470° et 540°, nous n'avons fait d'étude quantitative des gaz que pour le four 64.

a. Acétylène. — Présence constante à partir de 615°. A 540°, seuls les fours 32, 48, 64 donnent une réaction positive.

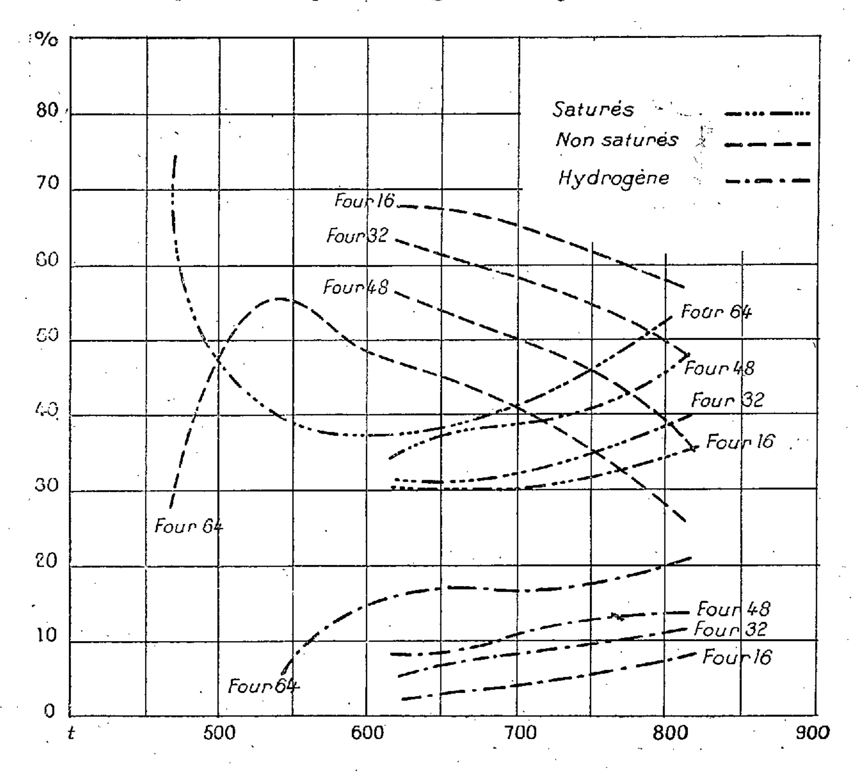
b. Carbures non saturés. — Pour le four 64, la proportion de carbures non saturés commence par croître jusqu'à un maximum atteint vers 540°,

---

(¹) Séance du 7 juillet 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1562.

ensuite elle décroît régulièrement. Pour les trois autres fours, les carbures non saturés sont en proportion plus élevée qu'avec le four 64; cette proportion est d'autant plus forte que la longueur est plus faible.



c. Hydrogène. — La proportion d'hydrogène croît avec la température et avec la longueur de chauffe.

d. Carbures saturés. — La proportion de carbures saturés varie sensiblement en sens inverse de la proportion des carbures non saturés.

B. Liquides. — Nous nous contenterons d'indiquer les résultats obtenus en étudiant l'influence de la température.

a. L'indice de réfraction et la densité commencent par décroître, passent par un minimum, puis augmentent.

b. L'indice d'iode commence par croître, passe par un maximum, puis diminue.

c. La solubilité dans le sulfate de diméthyle (indice de carbures aromatiques) croît continuellement pour les quatre fours à partir de 750°.

II. Influence de la température et du débit a longueur de four constante :

Tous les essais ont été effectués avec le four 32 aux trois températures

suivantes : 540°, 615°, 685° et aux débits successifs de $\frac{1}{3}$, 1 et 2$^{cm^3}$ par minute.

A. Gaz. — *a. Acétylène.* — Présence constante pour les débits de $\frac{1}{3}$cm³/min et 1 cm³/min. Pour le débit de 2 cm³/min, présence certaine à 685°.

b. Carbures non saturés. — Pour le débit de $\frac{1}{3}$cm³/min, la proportion de gaz non saturés commence par augmenter, passe vers 615° par un maximum, puis diminue. Pour les autres débits, la proportion de carbures non saturés augmente avec le débit d'hexadécane.

c. Hydrogène. — La proportion d'hydrogène croît avec la température et diminue avec le débit.

d. Carbures saturés. — Pour le débit de $\frac{1}{3}$cm³/min, la proportion de carbures saturés commence par décroître, passe par un minimum vers 615°, puis croît. La proportion de carbures saturés diminue avec le débit d'hexadécane.

B. Liquides. — *a. Indice de réfraction et densité.* — Pour un débit d'hexadécane de $\frac{1}{3}$cm³/min, l'indice de réfraction et la densité commencent par décroître, puis à 615°, augmentent rapidement. Pour les deux autres débits (1 et 2 cm³/min), l'indice de réfraction et la densité décroissent pour les trois températures étudiées.

b. Indice d'iode. — L'indice d'iode augmente avec la température et est d'autant plus élevé que le débit est plus faible.

c. Solubilité dans le sulfate de diméthyle. — (Indice de carbures aromatiques). Aucune solubilité, sauf à 685°, pour le débit de $\frac{1}{3}$cm³/min.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'essence concrète d'iris.* Note de MM. **P. Langlais** et **J. Goby**, présentée par M. A. Haller.

Au cours de la préparation d'une certaine quantité d'essence absolue d'iris de Florence, effectuée sur plusieurs kilogrammes d'essence concrète, nous avons eu entre les mains une portion entièrement soluble dans le carbonate de soude, constituée par des acides organiques à point d'ébullition moins élevé que celui de l'acide myristique, et d'ailleurs liquides à la température du laboratoire (28°). L'essence concrète qui nous a servi de point de départ provenant de notre propre distillation était, par conséquent, d'une authenticité absolue. Dans ces conditions, il nous a paru intéressant de rechercher quelle était la nature de ces acides, dont la présence, à notre connaissance, n'a pas été signalée jusqu'ici dans l'essence d'iris.

Partie expérimentale. — Une première distillation fractionnée de 5 en 5°, sous un vide de 40mm, nous a tout d'abord indiqué qu'il s'agissait d'un mélange assez complexe puisque les premières fractions passaient à 150° et les dernières à 215° sans paliers bien marqués entre ces deux températures extrêmes.

Nous avons alors effectué une série de quatre distillations fractionnées, dont la dernière nous a fourni, sous un vide de 40mm, des portions passant sensiblement à point fixe, à savoir :

1° de 150° à 151°.........	peu importante	liquide.
2° de 162 à 163.........	»	»
3° de 174 à 175.........	très importante	solide.
4° de 185 à 186.........	peu importante	liquide.
5° de 198 à 200.........	très importante	solide.
6° de 210 à 212.........	peu importante	solide.

Étude de chaque fraction. — 1° La fraction 150-151° bout à 110-111° sous 4mm et à 237-238° à la pression atmosphérique. Elle est constituée par de l'acide octylique saturé.

Poids moléculaire trouvé au moyen de l'indice d'acide : 145,5 (calculé pour $C^8H^{16}O^2$, 144).

L'anilide a un point de fusion de 51°.

Dosage du sel d'argent : trouvé 251,7, calculé pour $C^8H^{15}O^2Ag$, 251.

2° La fraction 162-163° est constituée par de l'acide pélargonique. En effet, redistillée, le point d'ébullition est de 253-255° à la pression atmosphérique et 124-125° sous 4mm.

Poids moléculaire calculé à partir de l'indice de neutralisation : trouvé 159° (calculé pour $C^9H^{18}O^2$, 158).

L'éther éthylique a une odeur très prononcée de rhum. L'anilide fond à 57°.

3° La fraction 174-175° redistillée sous 4mm de vide bout à 138-139° et de 268 à 270° à la pression ordinaire. L'acide purifié par cristallisation de son sel de baryum fond à 31°. C'est l'acide caprique. Poids moléculaire trouvé : 172°,3; calculé pour $C^{10}H^{20}O^2$, 172. L'anilide fond à 65°,5.

L'éther éthylique bout à 104° sous 4mm. Sa densité à 28° est de 0,859. Son indice d'éther trouvé est de 279 (calculé pour $C^9H^{19}COOC^2H^5$, 280).

4° La quatrième fraction a été identifiée pour être l'acide undécylique dont les constantes trouvées sont les suivantes :

Point d'ébullition sous 4mm : 145-146°; et 280° à la pression atmosphérique.

Poids moléculaire trouvé : 184 (calculé pour $C^{11}H^{22}O^2$, 186). L'anilide fond à 71°.

Dosage du sel d'argent : trouvé 291 ; calculé 293.

5° La fraction 198-200° est de l'acide laurique. Redistillé sous 4mm, l'acide passe à 153-154°. Purifié par cristallisation dans l'alcool à 70°, il fond à 43°,5.

Poids moléculaire : trouvé 199,3 (calculé pour $C^{12}H^{24}O^2$, 200). L'anilide fond à 75°,5.

6° La fraction 210-212° est constituée par l'acide tridécylique.

Point de fusion : 39°.

Poids moléculaire : 215 (calculé pour $C^{13}H^{26}O^2$, 214). L'anilide fond à 81°,5.

Conclusion. — En plus des constituants déjà signalés nous avons constaté, dans l'essence *concrète d'iris*, l'existence de six acides gras saturés :

Acide caprylique ;
Acide pélargonique ;
Acide caprique ;
Acide undécylique ;
Acide laurique ;
Acide tridécylique.

Les trois acides en C^9, C^{11} et C^{13} dont la molécule possède un nombre d'atomes de carbone impair, n'ont pas été signalés jusqu'à ce jour dans la nature, et, en particulier, dans les huiles essentielles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les transformations des pinènes par les acides.* Note (1) de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (2), il a été démontré que le pinène α, le dextrogyre par exemple, se transforme en présence des acides en éthers de *d*-bornéol, de *l*-isobornéol, de *l*-fenchol, en *d*-camphène et *d*-limonène. Le *l*-pinène β (nopinène) fournit les antipodes, c'est-à-dire qu'un *d*-pinène β engendrerait les mêmes substances qu'un *d*-pinène α (I).

Ces diverses combinaisons sont usuellement représentées par les formules suivantes (I à VII) :

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2087.

I. Pinène α. — II. Pinène β. — III. Éther de bornéol. — IV. Éther de fenchol.

V. Camphène. — VI. Limonène. — VII. Éther de terpinéol. — VIII. Pinène α.

Leurs transformations paraissent donc à première vue assez compliquées. Et encore écrit-on souvent les formules de manière très différente. On fait rarement allusion à leur véritable disposition dans l'espace, bien que cette disposition conduise très naturellement à l'expression des réactions des pinènes. Par exemple, on dit fréquemment des chaînons médians que ce sont des ponts reliant deux éléments d'un hexagone. La réalité est certainement autre. Les trois chaînons de ces formules doivent diverger des CH ou des $C(CH^3)$ comme le feraient trois branches dirigées des centres des tétraèdres CH ou $C(CH^3)$ vers trois sommets ; ils sont dans trois plans différents. De sorte que si les centres des carbones en question sont dans le plan du papier, ainsi que le chaînon de droite, le chaînon médian sera en avant et le chaînon de gauche en arrière, aucun chaînon n'étant un pont plus que l'autre. Pour plus de commodité, on pourra indiquer le chaînon arrière en pointillé, comme par exemple dans les figures VIII, IX, X, XI, qu'on devra se représenter dans l'espace.

Dès lors, voici comment s'expriment les transformations des pinènes. Un acide XH se fixant sur la double liaison, soit du pinène α, soit du pinène β, se dispose de telle façon que le radical X se porte sur le carbone non hydrogéné ; on obtient un terme immédiat IX extrêmement apte aux

réactions, entrevu par Berthelot ([1]), mais, surtout étudié par Aschan ([2]) et retrouvé par Meerwein et van Emster ([2]).

Aschan a fourni, de la transformation de pinènes en éthers bornyliques et fenchyliques, des explications calquées sur la transformation du tétraméthyléthylène en chlorure secondaire avec un stade de chlorure tertiaire intermédiaire :

$$(CH_3)_2C{=}C(CH_3)_2 \xrightarrow{+ClH} CH_3{-}CH{-}CCl(CH_3)_2 \rightarrow CH_3{-}CHCl{-}C(CH_3)_3$$

Que dans le dérivé immédiat (IX), résultant de la fixation de XH sur les pinènes, on imagine que la permutation du radical X ait lieu, non avec un méthyle libre, comme dans le cas du tétraméthyléthylène, mais avec le chaînon $CH^3.C.CH^3$ ou le chaînon CH^2 et l'on aura, soit un éther de bornylique (X), soit un éther fenchylique (XI) :

X. Éther bornylique (ou isobornylique). ← IX. Éther intermédiaire. → XI. Éther fenchylique.

L'éther bornylique peut d'ailleurs avoir été précédé de la formation d'un éther isobornylique dont le camphène résulte par perte de XH. Il convient, enfin, de noter que l'éther intermédiaire doit exister sous deux formes, suivant que le radical X est en avant ou en arrière du plan du papier, que les proportions respectives des deux formes sont sous la dépendance d'une multitude de conditions : nature du carbure, de l'acide, rapport des deux, température, solvant, etc. D'où des variations dans la proportion des deux sortes d'éthers qui en découlent.

([1]) M. Berthelot, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. 40, 1854, p. 5.

([2]) O. Aschan, *Ann. der Chem.*, t. 387, 1912, p. 1; *Chem. Zeit.*, (II), 1921, p. 629. — H. Meerwein et K. van Emster, *D. Chem. Ges.*, t. 55, 1922, p. 2500.

La formation des éthers de terpinéols est quelque peu différente. Le plus simple est d'admettre que le radical X se porte directement sur le chaînon $CH^3.C.CH^3$ qui abandonne le CH du haut, avec création d'une double liaison; on se représentera aisément cette transformation en rapprochant les schémas IX et VII. Le limonène VI provient à son tour de la perte de XH dans l'éther de terpinéol dont le chaînon $CH^3.CX.CH^3$ devient $CH^3.C : CH^2$. L'activité optique très grande du limonène obtenu démontre même que ce chaînon reste dans une position permanente. Si le limonène est accompagné de dipentène, cela ne prouve pas qu'il se soit racémisé, mais plus vraisemblablement que ce dipentène résulte de la perte de 2 XH dans un diéther qui est un inactif indédoublable et qui peut perdre XH du groupe $CH^3\ CX\langle^{CH^2 -}_{CH^2 -}$, aussi bien à droite qu'à gauche, en donnant un mélange de limonènes droit et gauche.

Le passage d'un éther bornylique (ou iso) au camphène est un peu plus difficile à exposer, mais bénéficie également de l'idée des trois chaînons considérés comme divergents, surtout si l'on considère une projection des chaînons dépliés. Ces vues seront développées plus en détail dans un autre recueil; mais il faut surtout en retenir que la formation du fenchol établie par Bouchardat et ses élèves et confirmée par mes nouvelles expériences avec les pinènes purs (ainsi que par celles de M. Haller) cadre remarquablement avec les formules actuelles de tous ces dérivés terpéniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dégradation des dérivés hydrés de l'ésérine.* Note [1] de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

L'iodométhylation de l'hydroéséréthol conduit — nous l'avons montré dernièrement — au même composé que la réduction de l'iodométhylate d'ésérétholméthine. Il était intéressant de poursuivre le parallélisme entre les corps de la série de l'ésérine et leurs dérivés hydrés, jusqu'aux produits terminaux de la dégradation de Hofmann.

La réduction de l'éthésérolène (F. 48°), en milieu acide, par Zn et HCl, fournit un composé que nous avons dénommé hydroéthésérolène, et que nous avions obtenu à l'état huileux [2]. Nous l'avons purifié en le transformant en chlorhydrate, qui est parfaitement cristallisé; la base obtenue par

(1) Séance du 7 juillet 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1480.

décomposition de ce sel présente, en cela analogue à tous les dérivés hydrés de la série de l'ésérine, un pouvoir rotatoire légèrement dextrogyre α_0 (dans l'alcool à 95°) = + 3°. Cette déviation se trouve fortement augmentée au sein de l'éther de pétrole, $\alpha_0 = 35°$, et, fait curieux, subit une inversion en milieu acide, α_0 (en solution chlorhydrique diluée) = − 31°.

Quoique neutre au tournesol, cet hydroéthésérolène est beaucoup plus basique que l'éthésérolène, et donne avec HCl un sel peu soluble dans l'acétone, qui cristallise dans l'alcool en lamelles fondant à 177°.

Nous avons procédé à un dosage de Cl sur ce chlorhydrate. 0g,5315 de substance ont donné 0g,3025 de AgCl, soit Cl = 14 pour 100. Calculé pour $C^{14}H^{19}NOHCl$, Cl = 13,9 pour 100.

L'accroissement notable de basicité, par suite de la réduction, nous avait déjà fait présumer que l'hydrogénation portait, dans l'éthésérolène, sur le même groupement que celui que nous avions hydrogéné tout le long de la série des dérivés ésériniques, et non pas, comme on pouvait le supposer *a priori* sur une double laison éthylénique créée par l'arrachement de la triméthylamine.

Les recherches que nous rapportons ici ont confirmé notre hypothèse première de la façon la plus formelle.

Nous sommes arrivés, en effet, à ce même hydroéthésérolène par la désintégration de l'iodométhylate d'hydroésérétholmétine. Cet iodométhylate (F. 140°, chlorozincate fondant à 263°), chauffé avec de la lessive de soude, ne subit au début aucun changement, mais à mesure que l'on concentre la solution l'attaque se produit et progresse : on recueille, en prolongeant la distillation, un mélange de produits volatils, que nous avons isolés et séparés.

Comme produits basiques, nous avons pu facilement caractériser : 1° la triméthylamine par son picrate fondant à 218°; 2° l'hydroésérétholméthine, par son chlorozincate fondant à 248°. Enfin le troisième produit, neutre au tournesol, fut identifié avec l'hydroéthésérolène par son chlorhydrate fondant à 177° et par son pouvoir rotatoire.

La dégradation de l'iodométhylate d'hydroésérétholméthine se poursuit donc simultanément dans deux sens différents :

1° Régénération de la base tertiaire

$$(C^{14}H^{20}NO)N(CH^3)^3I \longrightarrow \underset{\text{Hydroésérétholmétine.}}{(C^{14}H^{20}NO)N(CH^3)^2} + CH^3I$$

2° Décomposition par perte de triméthylamine

$$(C^{14}H^{20}NO)N(CH^3)^3I \longrightarrow \underset{\text{Hydroéthésérolène.}}{C^{14}H^{19}NO} + N(CH^3)^3HI$$

Le Tableau ci-dessous

Iodométhylate d'ésérétholmétine	$\xrightarrow{+H^2}$	Iodométhylate d'hydroésérétholmétine
$\downarrow - N(CH^3)^3HI$		$\downarrow - N(CH^3)^3HI$
Éthésérolène.	$\xrightarrow{+H^2}$	Hydroéthésérolène.

met indiscutablement en évidence le fait que l'hydrogénation n'a pu porter sur une double liaison créée au cours de la désintégration. Cette double liaison devait donc subsister encore, aussi bien dans l'éthésérolène que dans son dérivé hydré, et nous avons cherché à la réduire à son tour.

La réduction de l'éthésérolène par voie catalytique, en présence de noir de Pd ou de Pd colloïdal, s'effectue avec la plus grande facilité en milieu neutre ou acide, mais s'arrête à l'hydroéthésérolène, après absorption d'une seule molécule d'hydrogène.

Le départ de $N(CH^3)^3$ ne semble donc pas avoir créé dans ces composés de double liaison facilement hydrogénable. Ce fait est d'autant moins explicable que l'hydrogénation de l'éthésérolène a dû nécessairement porter sur le même groupement carboné que la réduction de l'iodométhylate d'ésérétholméthine, c'est-à-dire, comme nous l'avons vu dans nos Notes précédentes, sur le $\geqslant C - OH$ aldolique :

Iodométhylate d'ésérétholméthine. $\xrightarrow{+H^2}$ Iodométhylate d'hydroésérétholméthine.

Par l'arrachement de la triméthylamine on devrait donc obtenir pour l'éthésérolène, et respectivement pour l'hydroéthésérolène, les formules

Éthésérolène. $\xrightarrow{+H^2}$ Hydroéthésérolène.

Mais la présence, dans l'éthésérolène, de ce groupement OH n'est pas

démontrée. En effet, contrairement à l'ésérétholméthine, l'éthésérolène ne donne ni alcoolate, ni sel sodique. La dégradation de l'iodométhylate s'accompagne-t-elle, comme dans le cas de la thébénine, d'une fermeture de la chaîne suivant le schéma ci-dessous ?

CH² — CH — CH² — CH — CH² — OC^2H^5 — NCH³ — O

Éthésérolène.

$\xrightarrow{+H^2}$

CH² — CH — CH² — CH — CH² — OC^2H^5 — NCH³

Hydroéthésérolène.

Rien, si ce n'est la non-réductibilité de l'hydroéthésérolène, ne nous autorise encore à l'affirmer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éthyltriméthylglycérine.*

Note [1] de MM. **Pastureau** et **H. Bernard**, transmise par M. Béhal.

Nous avons montré antérieurement [2] que la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle

$$\begin{matrix}CH^3\\H^3\end{matrix}\!\!>\underset{OH}{C}-\underset{Cl}{CH}-CO-CH^3,$$

matière première d'un abord facile, donnait sous l'action de l'iodure de méthylmagnésium, la chlorhydrine de la tétraméthylglycérine et que la saponification de cette dernière chlorhydrine fournissait la tétraméthylglycérine

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\underset{OH}{C}-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{C}\!\!<\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}.$$

Nous pouvions donc espérer que l'action des dérivés halogénoalcoylmagnésiens sur la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle nous permettrait de préparer les alcoyltriméthylglycérines

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\underset{OH}{C}-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{C}\!\!<\begin{matrix}R\\CH^3\end{matrix}.$$

---

(1) Séance du 16 juillet 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1555; t. 176, 1923, p. 1400.

Dans ce cas, la réaction se complique de ce fait que l'introduction d'un alcoyle autre que le radical méthyle dans la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle, au lieu de faire disparaître la dissymétrie de l'atome de carbone 3, crée un second atome de carbone asymétrique et qu'on doit obtenir non plus une seule glycérine, mais deux isomères réels indépendamment des isomères optiques.

Nous avons constaté que le bromure d'éthylmagnésium réagit très énergiquement sur la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle et donne bien la chlorhydrine de l'éthyltriméthylglycérine; mais le rendement en chlorhydrine est beaucoup plus faible qu'avec l'homologue inférieur, car la réaction normale se complique d'une réaction de déshydratation que l'on n'arrive pas à éviter, même en ayant soin d'employer le magnésien sans excès et en le faisant tomber peu à peu dans la solution éthérée de chlorhydrine de l'oxyde de mésityle.

Préparation de la chlorhydrine de l'éthyltriméthylglycérine

$$\begin{matrix} CH^3 \searrow \\ CH^3 \nearrow \end{matrix} \underset{OH}{C} - \underset{Cl}{CH} - \underset{OH}{C} \begin{matrix} \nearrow C^2H^5 \\ \searrow CH^3 \end{matrix}$$

— Dans une solution éthérée de bromure d'éthylmagnésium préparée avec 20^g de magnésium et 91^g de bromure d'éthyle, refroidie par un mélange de glace et de sel, on fait tomber goutte à goutte 50^g de chlorhydrine de l'oxyde de mésityle dissoute dans 50^g d'éther anhydre. On décompose ensuite par l'eau glacée et l'acide chlorhydrique, on décante la couche éthérée qui est traitée comme il convient. Après élimination de l'éther, le liquide qui reste est fractionné dans le vide sous 5^{mm} de pression. Au deuxième tour de fractionnement, la portion qui passe à 105°-110° (fixe 110°) cristallise.

Ces cristaux constituent la chlorhydrine de l'éthyltriméthylglycérine ou plutôt le mélange des deux chlorhydrines isomères, car ils fondent entre 35° et 37° au bloc de Maquenne, tandis que la chlorhydrine homologue inférieure fond à 60°.

Analyse. — Dosage du chlore par la méthode sodium-alcool.

Substance, 0^g,2656; Cl, 0^g,05112; Cl pour 100, 19,2. Théorie, 19,6.

Un dosage de chlore effectué sur la partie liquide 105-110 qui accompagne la chlorhydrine a donné 20,6 pour 100 de chlore, ce qui montre que ce liquide ne constitue pas un des isomères, mais un mélange de chlorhydrine

avec un composé plus riche en chlore. Le composé chloré non saturé

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\underset{\displaystyle |\atop OH}{C} - CHCl - C\!\!<\!\!\begin{matrix} \!/\!\!/ CH - CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}$$

provenant de l'action déshydratante du magnésien exige 21,84 de chlore pour 100.

Préparation de l'éthyltriméthylglycérine

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\underset{\displaystyle |\atop OH}{C} - \underset{\displaystyle |\atop OH}{CH} - \underset{\displaystyle |\atop OH}{C}\!\!<\!\!\begin{matrix} C^2H^6 \\ CH^3 \end{matrix}.$$

— La chlorhydrine cristallisée précédente se transforme facilement en éthyltriméthylglycérine par ébullition à reflux de sa solution aqueuse avec du carbonate de potassium en excès. Après une heure d'ébullition, on évapore à sec à basse température. On extrait à l'alcool absolu bouillant et après évaporation de l'alcool on reprend par l'éther. L'évaporation de l'éther abandonne un liquide visqueux qui, mis dans un dessiccateur à acide sulfurique, cristallise au bout de peu de temps en superbes aiguilles assez facilement sublimables.

Le produit ainsi obtenu fond, au bloc de Maquenne, au voisinage de 75°, c'est-à-dire plus bas que son homologue inférieur la tétraméthylglycérine qui fond à 99°. Il est donc vraisemblable que la glycérine obtenue est constituée par un mélange de deux isomères.

Analyse. — Substance, $0^g,0986$; CO^2, $0^g,2120$; H^2O, $0^g,1000$.

Soit pour 100 : C, 58,6; H, 11,2. La théorie exige : C, 59,2; H, 11,1.

L'éthyltriméthylglycérine présente les mêmes réactions que son homologue inférieur, elle est toutefois un peu plus soluble dans l'éther.

Ayant également obtenu la tétraméthylglycérine par fixation de l'acide hypoiodeux sur le diméthylpenténol ([1]), nous avons cherché à obtenir l'éthyltriméthylglycérine par le même procédé à partir du diméthylhexénol

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>C = CH - \underset{\displaystyle |\atop OH}{C}\!\!<\!\!\begin{matrix} C^2H^5 \\ CH^3 \end{matrix}.$$

Nous avons facilement obtenu cet alcool non saturé avec un rendement de 27 pour 100 par action du bromure d'éthylmagnésium sur l'oxyde de

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 327.

mésityle. Cet alcool bout à 45°-47° sous 9^mm. Sa réfraction moléculaire est de 40,064 pour une réfraction moléculaire calculée de 40,052.

Le diméthylhexénol fixe énergiquement l'acide hypoiodeux sur sa double liaison, mais l'iodhydrine ainsi formée se décompose au fur et à mesure de sa formation en éliminant de l'acide iodhydrique qui dissout l'oxyde de mercure et le biiodure.

Nous n'avons donc pu obtenir ainsi l'iodhydrine de l'éthyltriméthylglycérine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition de la cire animale.* Note [1] de M. **Alphonse Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

On sait que les cires sont constituées par des éthers d'alcools monovalents à poids moléculaire élevé, accompagnés souvent d'acides ou d'alcools.

La cire d'abeilles est constituée par un mélange d'acide cérotique et de palmitate de myricyle.

En raison de l'analogie que présentent ces corps avec les glycérides et les acides gras issus de ces derniers, j'ai pensé qu'ils pourraient se décomposer au contact de certains chlorures ou oxydes métalliques agissant comme catalyseurs.

300^g de cire d'abeilles, jaune, fondant à 64°, ont été placés dans une marmite en cuivre avec 50^g de chlorure de magnésium sec. On chauffe d'abord lentement à basse température. Il ne tarde pas à distiller des produits liquides incolores en même temps que de l'eau. S'il se forme des produits acides entraînés, on les verse dans la marmite pour en effectuer leur complète décomposition. Dès le début de la réaction, il se dégage un gaz de composition :

CO_2........	39 pour 100	CH_4........	9 pour 100
CO.........	25,5 »	H..........	26,5 »

En élevant progressivement la température jusqu'à atteindre le voisinage de 500°, on recueille environ 210^g-215^g de liquide. En même temps le gaz change de composition et il se forme des carbures éthyléniques et forméniques. Un prélèvement vers le milieu de la réaction a donné comme composition :

(1) Séance du 16 juillet 1924.

CO^2........	14,5 pour 100	C^nH^{2n+2}....	18 pour 100
CO........	22,4 »	CH^4........	17,4 »
C^nH^{2n}......	23,5 »	H..........	4,2 »

Le liquide recueilli est légèrement acide. On le neutralise par de la soude diluée. Après lavage à l'eau il est rectifié. On a obtenu les fractions suivantes :

	D_{20}.
55°-140°........................	0,7185
140-200........................	0,7613
200-230........................	0,7874
230-250........................	0,7940
250-280........................	0,8027
280-300........................	0,8120
300-350........................	0,8215

Entre 330° et 350°, il distille un liquide visqueux et au-dessus de 350°, le résidu se prend immédiatement en masse par refroidissement.

L'examen de ces diverses fractions montre qu'elles sont constituées par des mélanges d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques. Elles chauffent et noircissent fortement par l'acide sulfurique. En particulier, sa première portion a été rectifiée de nouveau pour en isoler une fraction 70°-110°, de densité $D_{20} = 0,7103$. Si on l'introduit peu à peu dans de l'eau de brome refroidie, il se forme un mélange de bibromures d'hexylène et d'heptylène que l'on sépare par distillation fractionnée dans le vide. Il reste environ un tiers du liquide primitif non transformé. Ce sont donc les carbures éthyléniques qui prédominent.

Dans les fractions 300°-330° et 330°-350°, il se dépose de belles aiguilles blanches, soyeuses, fondant à 53°-54°, constituées par une cétone qui n'a pas encore été identifiée.

On voit que la décomposition de la cire d'abeilles se fait d'une manière identique à celle des huiles et des acides gras supérieurs, et conduit à un mélange de carbures d'hydrogène de la nature de l'essence et du pétrole.

D'autres catalyseurs, tels que les chlorures de zinc, de calcium, de baryum, etc., et des oxydes métalliques produisent des résultats analogues. Je me propose de les appliquer à la décomposition d'autres cires.

GÉOLOGIE. — *Sur le sondage des Abatilles, près d'Arcachon.* Note [1] de M. **Pierre Viennot**, présentée par M. Henri Douvillé.

La Société de Recherches d'Hydrocarbures entreprenait, en novembre 1922, un grand sondage d'exploration dans le parc des Abatilles, au voisinage immédiat de la route d'Arcachon à Moulleau, et à 2^{km} environ au sud-ouest de la ville. L'emplacement en avait été déterminé par M. Le Marié, ingénieur-conseil de la Société. Le sondage était à peine commencé lorsque je fus chargé d'en suivre l'exécution au point de vue géologique. Il a été poussé jusqu'à la profondeur de $464^m,50$ et sa coupe nous apporte d'*importantes données nouvelles sur la stratigraphie du Bassin d'Aquitaine.*

A cause de l'objet spécial des recherches poursuivies, le sondage fut exécuté au trépan travaillant par percussion, et, autant que possible, sous faible épaisseur d'eau. Mais cette technique a de graves inconvénients au point de vue géologique : les terrains traversés sont absolument pulvérisés, et les fossiles hachés en menus fragments. De plus, le tubage ne pouvant pas suivre rigoureusement le travail du trépan, des éboulements, d'ailleurs minimes, peuvent amener des mélanges de nature à fausser l'interprétation. Cependant, sur ma prière instante, la Société de Recherches a bien voulu adjoindre à la foreuse, à partir de la profondeur de 290^m, un appareillage rotatif qui m'a permis d'obtenir quelques carottes très intéressantes.

En faisant la part des imprécisions dues à la technique elle-même, et en faisant état, pour les niveaux miocènes et plus récents, des résultats des anciens sondages de la région, voici, dans ses grandes lignes, la coupe obtenue.

Quaternaire et Pliocène (?) : o à $33^m,50$. — Sables de rivage avec niveaux à coquilles actuelles (*Nassa reticulata* Linné, *Littorina littorea* Linné, *Lucina leucoma* Turt., *Gastrana fragilis* Linné, *Ostrea edulis* Linné, *Mytilus edulis* Linné, *Cardium edule* Linné) et niveaux tourbeux dégageant du méthane [2] ;

$33^m,50$ à $74^m,50$. — Sables et graviers de rivage plus ou moins ferrugineux.

Miocène (Helvétien, Burdigalien et Aquitanien) : $74^m,50$ à 107^m. — Marne sableuse avec intercalations de grès marneux et lumachelles de débris de coquilles marines;

107^m à $275^m,50$. — Important complexe de sables marneux mouvants et de calcaires

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) Ce sont ces dégagements de gaz qui avaient attiré l'attention des prospecteurs ; j'ai déterminé leur origine superficielle dès mon premier voyage à Arcachon, en décembre 1922.

gréseux, très riche en grains de glauconie donnant à toutes ces roches une couleur verdâtre. Foraminifères abondants : *Globigerina bulloïdes*, *Pulvinula* sp., *Nodosaria* sp., *Cristellaria* sp., et Pectinidés : *Pecten Beudanti* Basterot, *Pecten* (*Chlamys*) *scabrellus* Lam.,... (la plupart sont trop brisés pour qu'on puisse tenter une détermination; M. G.-F. Dollfus a bien voulu examiner les fragments que j'avais recueillis et préciser les espèces citées).

Oligocène : 275^m,50 à 320^m. — Calcaire marneux gris verdâtre, glauconieux, à *Nummulites vascus* Joly et Leym., *N. Bouillei* de la Harpe, *Operculina complanata* Defr., *Heterostegina* sp., quelques Bryozoaires et fragments d'Échinides.

Priabonien : 320^m à 395^m. — Calcaire gris blanchâtre tendre, à *Nummulites incrassatus* de la Harpe, *Operculina* sp., *Alveolina* sp., Milioles, Globigérines, Textilaires, Bryozoaires, fragments d'Échinides, Lithothamniées.

Auversien : 395^m à 430^m. — Calcaire blanc verdâtre, en bancs alternativement tendres et durs, à *Nummulites striatus* Bruguière, *Orthophragmina scalaris* Schlumb., *Assilina* sp., Milioles, Textilaires, Bryozoaires, fragments d'Échinides, Lithothamniées.

Lutétien : 430^m à 464^m,50. — Calcaire blanc verdâtre, en bancs alternativement tendres et durs, à *Nummulites atacicus* Leym., *N. perforatus* Denys de Montfort (= *N. aturicus* Joly et Leym.), *N. millecaput* Boubée (?), *Assilina spira* de Roissy, *A. exponens* J. de C. Sow. (= *A. granulosa* d'Archiac), *Orthophragmina scalaris* Schlumb., *O. Archiaci* Schlumb., Milioles, Textilaires, Bryozoaires, Lithothamniées, Dasycladacée.

Tous les calcaires éocènes et oligocènes sont essentiellement zoogènes, particulièrement riches en Foraminifères, qui en forment les éléments dominants, et ils représentent des facies nettement *néritiques* ou *sublittoraux*, ainsi d'ailleurs que les sables marneux glauconieux qui leur font suite dans le Miocène. Il ne semble y avoir eu aucune lacune dans la sédimentation marine depuis le Lutétien jusqu'à l'Helvétien ; tout au plus y a-t-il lieu de remarquer le peu d'épaisseur des couches aquitaniennes, puisqu'on trouve des Pectens burdigaliens jusqu'à 263^m. En réalité, il est parfois difficile de préciser les limites des étages, à cause de l'uniformité très grande des facies. Le sondage a été arrêté dans les couches lutétiennes, dont les échantillons les plus profonds ne montrent aucune tendance à un changement de facies, et l'Éocène inférieur marin existe ici, selon toute vraisemblance, étant donnée sa grande aire de répartition en Aquitaine. Au point de vue paléontologique, il y a lieu de remarquer que toutes les Nummulites récoltées, sauf toutefois dans le Lutétien, sont *à filets radiés* et *sans piliers*.

L'arrêt du sondage a été décidé, l'été dernier, à la suite de la rencontre, dans les couches éocènes, d'une *nappe d'eau artésienne* très intéressante, et d'ailleurs absolument impossible à prévoir. La première venue d'eau, au débit de 3$^{m^3}$ à l'heure, se manifesta à la profondeur de 361^m,40. L'appro-

fondissement continuant, le débit augmenta par à-coups successifs très nets pour atteindre l'important maximum actuel de 60^{m^3} *à l'heure*. Le niveau d'équilibre hydrostatique est à $8^m,55$ au-dessus du sol. Il n'est pas douteux que l'eau provienne *de diaclases et de cavités affectant les calcaires éocènes*. En effet : 1° le débit a augmenté de façon discontinue pendant la continuation de l'approfondissement ; 2° le trépan a rencontré des vides dans le complexe calcaire ; 3° alors qu'il était inutile d'opérer le curage du puits au moment d'un accroissement de débit (la pression de l'eau qui arrivait du fond suffisant à balayer les déblais), le curage devenait nécessaire dans la zone séparant deux accroissements successifs, aucune poussée d'eau ne se manifestant alors au fond.

Cette eau, qui est un peu minéralisée et légèrement radioactive ($\frac{1}{10}$ de millimicrocurie, détermination de M. Lepape), et dont la température à l'émergence est de 25°,2, semble répondre, selon les conclusions des docteurs Lalesque et Llaguet, « aux conditions techniques de la création d'un établissement thermal ou d'un établissement de régime par dégustation ». La nappe doit être alimentée par un affleurement important des couches éocènes sur la bordure du Bassin d'Aquitaine (¹).

Ainsi, le sondage des Abatilles a non seulement provoqué la *découverte très intéressante d'une source artésienne à grand débit*, mais il nous fournit aussi une *coupe synthétique des couches tertiaires du Bassin d'Aquitaine* au voisinage de l'Océan. A Biarritz, dans la fosse aturienne, l'Éocène est marneux et bathyal, l'Oligocène gréseux et néritique; à Bordeaux, on est tout à fait au bord du golfe tertiaire, et les intercalations d'eau douce sont fréquentes dans la série. *A Arcachon, il y a continuité de sédimentation marine, néritique, de l'Éocène inférieur à l'Helvétien.*

GÉOPHYSIQUE. — *Application des principes de la Cosmogonie dualiste et de l'isostasie à l'étude de divers problèmes géologiques.* Note de M. **Émile Belot.**

Les hypothèses introduites en géologie (réseau pentagonal, tétraèdres, dérive des continents, etc.) imaginées *a priori* pour expliquer certains faits sont invérifiables : les principes de la Cosmogonie dualiste tout au contraire

---

(¹) Bien que le sondage fût placé à 400^m à peine du rivage de l'Océan et ait traversé, surtout au début, des terrains perméables, les eaux rencontrées pendant le travail d'approfondissement n'ont jamais été salées.

sont d'abord vérifiés pour toutes les planètes et satellites; il est donc nécessaire qu'ils s'appliquent à notre planète. L'un de ces principes (sens de translation des planètes à travers la nébuleuse dans la direction Nord de leur axe), appliqué à la Terre, a pour conséquence l'existence d'un *déluge austral primitif tombé sur l'Antarctide* et la déviation de ce déluge qui a produit la dissymétrie du Pacifique ([1]). Cet Océan se serait rempli le premier ou plutôt aurait fixé cette dissymétrie marine après les multiples vaporisations de l'eau marine nécessitées par le refroidissement de la croûte de 1100° à 100°.

Or la plupart des géologues pensent que le Pacifique est plus ancien que l'Atlantique et l'océan Indien, d'ailleurs longtemps occupés par le continent de Gendwana ou d'autres ponts continentaux. Il en résulte qu'à l'origine le Pacifique a dû contenir la presque totalité des eaux marines, sauf peut-être celle de la Téthys et de l'océan Arctique. Sa profondeur moyenne devait alors être voisine de $a = 9000^{m}$, profondeur existant encore dans certaines fosses du Pacifique. Même avec des valeurs différentes de a, subsisteraient les conséquences que nous allons tirer de cette hypothèse. Supposons le bassin du Pacifique fermé d'abord vers les autres océans actuels par divers points : en une ou plusieurs fois ils se rompront, permettant le remplissage des autres bassins. Il en résultera d'après le principe de l'isostasie des mouvements de surrections ou d'affaissement des fonds marins.

Soient $D = 3$ la densité de ceux-ci, H la hauteur d'équilibre isostatique au-dessous de la profondeur a; $b = 2500^{m}$ la hauteur dont baissera le niveau du Pacifique après rupture de ses barrages, d la densité moyenne des socles continentaux affleurant le niveau primitif; on aura

$$a(d - 1{,}03) = (D - d)H, \qquad H + a - b = 95^{km},1, \qquad (96^{km} \text{ d'après Hayford})$$

Le fond Pacifique surgira isostatiquement de h_1 tel que

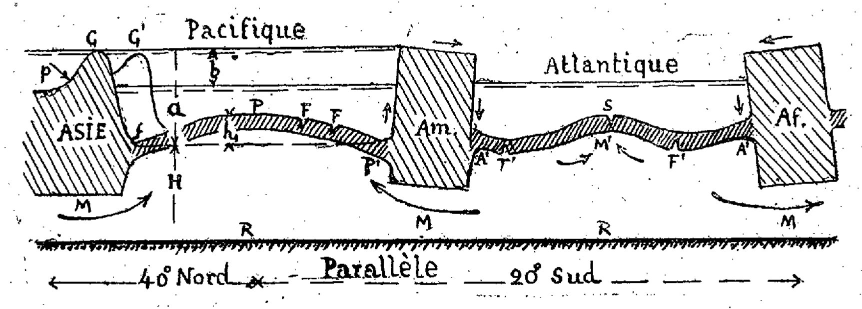
$$h_1(D - 1{,}63) = 1{,}03 \times b \qquad \text{d'où } h_1 = 1300^{m}.$$

Ainsi, le Pacifique conservant 5200^{m} de profondeur moyenne, les océans Atlantique et Indien de surface égale à la sienne recevront une hauteur $b + h_1 = 3800^{m}$ dont la surcharge d'eau les approfondira aussi de 1300^{m}.

La figure représente une coupe théorique de ces océans suivant deux parallèles supposés rectifiés, ainsi que les mouvements des fonds marins, supposés d'abord horizontaux, pour satisfaire à l'équilibre isostatique. Le

([1]) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 951.

centre P du Pacifique, déchargé d'eau, deviendra convexe et distendu, d'où production de fractures F ouvertes vers la mer et par suite production de volcanisme dans les îles. Les bords des socles continentaux du Pacifique tendront à se soulever, mais leur poids limitera leur soulèvement qui sera moindre qu'au centre P, d'où production de fosses profondes près des côtes.



Des effets inverses se produiront du côté de l'Atlantique et de l'océan Indien : déversement vers l'Atlantique des socles américain et africain par la surcharge d'eau ; concavité vers la mer du fond Atlantique près des côtes avec fractures F' ayant tendance à s'ouvrir vers le magma igné MM'; tandis que les couches des seuils continentaux ennoyés seront en pente vers le continent en P' (côté Pacifique), ils seront en pente vers la mer en A' (côté Atlantique). De ce côté, il n'y aura aucune pénétration de la mer dans le fond marin, alors que du côté Pacifique les fractures F et la pente P' feront descendre l'eau marine sous le continent. D'après ma théorie marine des tremblements de terre côtiers et du volcanisme (¹) qui attribue ces phénomènes à la vapeur d'eau sous pression, on comprend alors ce qui différencie les côtes des deux types : côtes Pacifiques très sismiques et volcaniques, côtes Atlantiques asismiques et sans volcans.

Mais ce n'est pas tout : les socles américain et africain auront tendance à basculer vers l'Atlantique ainsi qu'il résulte des pentes des bassins fluviaux principaux. La surcharge d'eau sur le fond Atlantique tend à faire passer le magma igné en M étant d'ailleurs appelé par le mouvement d'aspiration que l'isostasie détermine dans le fond Pacifique, le noyau rigide R étant impénétrable au magma igné. Le centre de l'Atlantique d'où le magma M' ne peut facilement s'échapper latéralement restera surélevé, avec une apparence de géanticlinal S qui, étant convexe, aura des fractures

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 700.

ouvertes vers la mer; alors d'après notre théorie du volcanisme, la ligne centrale de l'Atlantique sera volcanique; elle l'est en effet.

Une autre cause contribue à la formation de ce géanticlinal médian. En réalité, le fond de l'Atlantique figuré rectiligne, a la courbure moyenne du géoïde : si donc sur une largeur de parallèle de 50° à 60° de longitude, le fond s'affaisse de 2^{km} il doit se raccourcir aussi de 2^{km} sur la distance séparant les deux rives opposées. Cela ne peut se produire que par plissement parallèle à ces côtes capable de relever la ligne médiane de 3^{km} à 4^{km} à moins que la pression due à la surcharge d'eau soit suffisante pour éloigner l'Amérique du Sud de l'Afrique comme le suppose Wegener. Ainsi la présence du géanticlinal médian de l'Atlantique montre que la théorie de Wegener est erronée.

Les guirlandes d'îles au nord et au nord-est du Pacifique. — Admettons une crête sous-marine d'abord rectiligne et peu ennoyée bordant le Pacifique primitif entre Formose et l'Alaska : dès que le Pacifique se vide sur une hauteur de 2500^{m}, cette crête émerge formant barrage et supportant la pression p dont la poussée est vers le large. Tout barrage plastique buté à deux contreforts résistants se cintre vers le vide : l'expérience est facile à faire avec une matière visqueuse retenant une charge d'eau. Dès lors des parties G' du barrage G avanceront vers le Pacifique en se cintrant et se fissurant par l'allongement de la ligne côtière transformée ainsi en guirlande d'îles. Le poids du barrage G et la composante verticale de la poussée p auront d'ailleurs pour effet d'empêcher le fond primitif du Pacifique situé vers -9000^{m} de remonter au niveau P le long des guirlandes d'îles qui seront ainsi bordées de fosses profondes f.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la transparence de l'atmosphère.* Note (¹) de M. J. Cabannes, présentée par M. A. Cotton.

Les mesures absolues que j'ai faites en 1920 sur la diffusion de la lumière par les gaz (²) permettent de prévoir quel serait le coefficient de transparence de l'atmosphère au zénith si l'absorption atmosphérique était due uniquement à la diffusion de la lumière par les molécules d'azote, d'oxygène et d'argon. On trouve ainsi, sous une pression de $623^{mm},5$ de mercure, les nombres a_1 contenus dans la deuxième colonne du tableau suivant :

(¹) Séance du 16 juillet 1924.

(²) Cabannes, *Ann. de Phys.*, t. 15, 1921, p. 121 et 132.

Longueur d'onde en angstroms.	a_1.	a.
4000	0,770	0,756
5000	0,900	0,884
5500	0,930	0,901
6000	0,950	0,913
7000	0,975	0,964
8000	0,985	0,980

D'autre part, le coefficient de transparence de l'atmosphère au mont Wilson (altitude : 1780^m ; hauteur barométrique : 623^{mm},5) a été déterminé par Fowle (¹) en 1910-1911. Ses mesures donnent, les jours de beau temps, pour l'air sec, les nombres *a* qui figurent dans la troisième colonne du tableau. L'atmosphère du mont Wilson est donc un peu plus absorbante que si elle était uniquement constituée par les gaz dits transparents (N^2, O^2, A).

La comparaison des coefficients a_1 et a conduit à d'importantes conclusions.

1° Ces coefficients sont très voisins. Les particules diffusantes sont donc bien les molécules des gaz permanents de l'air, d'accord avec la théorie de Lord Rayleigh, et non pas des particules hypothétiques, comme cette poussière d'azote solide que fait intervenir L. Végard (²) pour expliquer les aurores boréales et à laquelle il attribue le bleu du ciel. Les observations de Fowle et mes propres expériences semblent cependant assez précises pour qu'on n'ait pas le droit d'attribuer à des erreurs de mesure l'écart des deux courbes représentant a_1 et a. Il existe donc au-dessus du mont Wilson des particules étrangères, mais leur action est très faible. Si elles intervenaient seules, le coefficient de transparence a_2 de l'atmosphère serait égal à 0,982 dans le violet et à 0,995 à l'extrême rouge ; il changerait avec la longueur d'onde. On ne retrouve pas la couche absorbante élevée qu'ont signalée, au mont Blanc, Bauer et Danjon (³), couche dont le coefficient de transmission, indépendant de la longueur d'onde, ne dépasserait pas 0,90 au zénith.

2° Si l'on construit les courbes qui donnent a_1 et a pour chaque longueur d'onde, on observe que la seconde s'écarte nettement de la première entre 4500 et 7000 Å : il y a là une région d'absorption sélective qui fait penser

(¹) Fowle, *Astro. Journal*, t. 38, 1913, p. 392 et t. 40, 1914, p. 435.
(²) Végard, *Phil. Mag.*, t. 46, 1923, p. 576.
(³) Bauer et Danjon, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 761.

à un gaz coloré. L'absorption de ce gaz dans le spectre visible serait maximum au voisinage de 6000 Å. Or l'ozone possède dans le même intervalle une courbe d'absorption qui vient d'être étudiée par Colange [1]; le coefficient d'absorption de l'ozone dans le spectre visible est maximum pour 6000 Å et vaut, en moyenne, au voisinage de cette radiation, $k = 0{,}045$.

Il semble donc que le léger affaiblissement des radiations vertes, jaunes et orangées que nous constatons ici dans les rayons solaires directement transmis est dû à l'ozone de la haute atmosphère, et l'on peut, dans cette hypothèse, calculer l'épaisseur x d'ozone que traverse un rayon venant du zénith, épaisseur comptée en centimètres sous la pression normale.

Soit $a_3 = \frac{a}{a_1 a_2}$ le coefficient de transparence de l'atmosphère si l'ozone intervenait seul, on a

$$kx = -\log a_3,$$

$$x = -\frac{1}{0{,}045}\log\frac{0{,}913}{0{,}95 \times 0{,}99} = 0^{\text{cm}},45.$$

Or on sait que Fabry et Buisson [2] ont trouvé une épaisseur d'ozone comprise entre $0^{\text{cm}},3$ et $0^{\text{cm}},4$.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les coraux nuisibles aux chalutiers du Maroc.* Note de M. **J. Liouville**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Ayant mis à profit, en 1923 et 1924, deux campagnes de pêche successives entreprises par le Service de la Marine marchande de la Direction Générale des Travaux Publics du Maroc, pour embarquer à bord du *Vanneau* comme chargé de mission du gouvernement chérifien, en vue d'effectuer des recherches de biologie et d'hydrologie marines, ainsi que de compléter les collections d'État, j'ai eu l'occasion, en collaborant avec M. Robert Ph. Dollfus, représentant le Laboratoire des pêches du Muséum, de vérifier le niveau exact où se rencontraient les coraux nuisibles aux chalutiers sur une partie du plateau continental marocain et d'en déterminer, en particulier, la limite dans les parages de Casablanca, de Bou-Znika à Mazagan.

Jusqu'alors, une profondeur comprise entre 110 et 111$^{\text{m}}$ avait été assi-

(1) Colange, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris 1924.

(2) Fabry et Buisson, *Journal de Physique*, t. 6, 1921, p. 197.

gnée comme zone dangereuse (¹). Mais aucune série de dragages systématiques n'ayant été effectuée à cette profondeur, il était important d'en contrôler l'exactitude, non seulement à cause de l'intérêt scientifique, maintes fois signalé par les auteurs, qui s'attache à la connaissance exacte du niveau où commencent les madrépores du plateau continental (²), mais aussi en raison du prix élevé par lequel se chiffre aujourd'hui la perte des engins de pêche, irrémédiablement détériorés au contact des cassures coupantes faites aux branches des polypiers, par l'accrochage brutal du chalut. On sait, en effet, que la destruction d'un filet traînant, de grandeur moyenne, correspond à une perte de 3000fr et que les frais d'un train de chalut à remplacer s'élèvent à la somme de 15000fr dans les ports français. Au Maroc, ces chiffres doivent être majorés.

Dès la campagne de 1923, il m'a été permis de constater que la profondeur signalée plus haut ne correspondait pas avec le niveau auquel nous avions recueilli des *Dendrophyllia*. En effet, parmi les 30 stations de cette première croisière, dont plus de 25 ont porté sur les fonds compris entre 110 et 120m, à la recherche précisément d'exemplaires vivants, déterminables pour les collections de l'Empire Chérifien, et dans le but de fixer ainsi les points dangereux à reporter sur les cartes de pêche du Maroc, trois stations seules (XXI, XXVII et XXVIII) ont produit des coralliaires nuisibles aux filets des chalutiers. Ce n'était donc pas entre 110 et 111m, mais à partir de 126m seulement, que l'expérience permettait d'affirmer l'existence de ce danger, comme je l'ai communiqué à la Section scientifique du Congrès des pêches de Boulogne, au mois de septembre suivant (³).

Au cours de la seconde croisière économique du *Vanneau*, ayant pour objet de préciser certains résultats de la campagne précédente, par une étude portant particulièrement sur les fonds caractéristiques des accores de Casablanca et de Mazagan, le bâtiment s'est maintenu dans le rayon parcouru habituellement par les barques de pêche de la côte : environ 30 milles du phare d'El Hank, pour le premier, et de l'épi rocheux pour le second de ces ports. Nous avons ainsi fait une série de 30 stations nouvelles.

Il en ressort que la plupart des opérations ont porté sur des fonds

---

(¹) Cf. Bouteillier, *Pêche maritime au Maroc*, 1919.

(²) Cf. L. Joubin, *Coraux nuisibles aux chalutiers* (*Bull. et Mém. Off. sc. et tech. Pêch. marit.*, n° 28, 1922.

(³) Congrès des Pêches maritimes et Semaine du Poisson de Boulogne-sur-Mer (septembre 1923).

supérieurs à 120^{m} et que nous avons constamment rencontré les coraux nuisibles par des profondeurs comprises entre 124 et 158^{m}.

Cette constatation, appuyée sur les exemplaires recueillis, permet de vérifier l'exactitude des résultats présentés dès l'année dernière au Congrès de Boulogne. En confirmation, cette année, la *Tanche*, bâtiment de l'Office scientifique et technique des Pêches maritimes, terminant, sur les côtes du Maroc, une campagne dans les eaux de l'Afrique du Nord, dirigée par M. Le Danois, a mouillé son grand chalut par 123-124^{m}, au large du port de Rabat, et l'a déchiré sur le fond, le 1er juillet. Les débris du filet ramenaient bien, ainsi que nos récoltes de cette année à la même profondeur, les deux espèces *Dendrophyllia cornigera* Lmk et *D. Ramea* L., que nous avions recueillies, dès l'année dernière, dans les dragues du *Vanneau*, échantillons que j'ai présentés au Congrès précité et qui figurent depuis lors aux collections de l'Institut Scientifique Chérifien, à côté d'un polypier ramené d'un point incertain il y a plusieurs années par un pêcheur de Fedhala.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'emploi du chlorure de sodium comme étalon dans les analyses d'eau de mer.* Note (¹) de M^{lle} **Y. Ménager**, présentée par M. L. Joubin.

La quatrième Conférence internationale de la Chimie, tenue à Cambridge en juin 1923, a proposé l'emploi du chlorure de sodium comme étalon dans les analyses d'eau de mer, de préférence à l'eau de mer normale du Laboratoire hydrographique de Copenhague. L'application de cette proposition présente quelques difficultés pratiques que nous allons exposer et qui nécessiteront une étude complémentaire de la question.

Rappelons d'abord brièvement le principe du mode opératoire actuellement en usage :

L'ensemble des halogènes, calculé en chlore, est déterminé volumétriquement par précipitation de l'eau de mer au moyen d'une solution de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium, jusqu'à virage jaune orangé. On opère sur un volume constant d'eau de mer, mesuré à l'aide d'une pipette spéciale à affleurement, et le nitrate d'argent est introduit également à l'aide d'une burette spéciale : on obtient ainsi dans la lecture des volumes une précision de l'ordre du $\frac{1}{50}$ de centimètre cube. La

(¹) Séance du 16 juillet 1924.

comparaison des volumes de solution argentique nécessaires pour précipiter, dans les mêmes conditions, une eau de mer quelconque et l'eau de mer étalon, fournit le rapport des teneurs en halogènes de ces échantillons. La concentration de la solution du nitrate d'argent, les volumes et graduations des appareils sont tels que la lecture directe de la burette donne le chiffre de chloruration brut de l'échantillon analysé.

Une table à double entrée permet ensuite d'apporter les corrections nécessaires, relatives aux variations de concentration et de température du nitrate d'argent. Nous avons vérifié à plusieurs reprises que les chiffres définitifs obtenus sont indépendants du titre de la solution argentique, lorsque celui-ci varie dans les limites prescrites par les tables.

L'*eau de mer normale* du Laboratoire hydrographique de Copenhague est préparée à partir d'une eau de mer récoltée dans l'Atlantique, entre les Feroë et l'Islande, amenée par dilution à un titre uniforme, et titrée ensuite exactement par gravimétrie et par la méthode de Volhard. Le titre inscrit sur les tubes exprime le poids d'halogènes (calculé en chlore) contenu dans *un kilogramme* d'eau type.

Il s'ensuit que tous les chiffres de chloruration publiés jusqu'ici sont également relatifs *au kilogramme* et non *au litre* d'eau de mer. Signalons en passant l'inconvénient d'une méthode qui donne pour base un titre rapporté au poids, à des comparaisons faites exclusivement sur des volumes. Ceci suppose en effet que les échantillons d'eau de mer de toute provenance ont des densités et des coefficients de dilatation assez voisins pour que l'on puisse admettre une proportionnalité suffisamment rigoureuse entre leurs titres gravimétrique et volumétrique. Si cette proportionnalité semble exister pour des eaux analogues, atlantiques par exemple (eau de mer normale : 19, 38 Cl au kilogramme, 19, 96 Cl au litre — eau du golfe de Gascogne : 19, 64 Cl au kilogramme, 20, 21 Cl au litre), il est infiniment probable au contraire qu'il n'en est plus ainsi lorsque l'on compare une eau méditerranéenne avec une eau atlantique comme l'eau de Copenhague : les différences déjà observées pour les salinités[1] entraînent certainement des variations de densité non négligeables ; l'emploi de l'eau normale et des tables serait donc sujet à caution dans un certain nombre de cas (eaux méditerranéennes, courant froid du Labrador, etc.).

La méthode est en tout cas inapplicable aux solutions de chlorure de

---

(1) Voir la Note de MM. G. Bertrand, P. Freundler et Mlle Y. Ménager, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1251.

sodium. Celles-ci présentent avec les eaux de mer atlantiques de chloruration équivalente des différences de densité atteignant 5 à 6 unités de la troisième décimale.

Exemple :

Solution de NaCl à 21,80 Cl au kg (déterminée expérimentalement). $d = 1,0255$
Eau de mer à 21,80 Cl au kg (donnée par les tables)............. $d = 1,0301$

Dans ce cas, les chiffres de chloruration ne correspondent pas aux teneurs réelles en chlore.

Exemple : Solution de NaCl :

Titre gravimétrique (précipitation en AgCl) (Cl au kg)	21,80
Titre par la méthode Knudsen (à partir de l'eau normale 19,383)........	21,65
Erreur absolue.............	0,15

L'erreur observée dépasse donc de beaucoup l'erreur analytique admise, qui est de 0,02 en valeur absolue. Au point de vue pratique, elle dépasse également les écarts dont on tient compte dans l'interprétation des résultats : les variations des chlorurations dans les stations en profondeur sont en effet tenues comme significatives dès qu'elles atteignent 0,05 ou 0,06.

Il résulte de ce qui précède que l'adoption de l'étalon chlorure de sodium ne pourrait se faire que dans les conditions suivantes :

1° *Remplacement des titres rapportés au poids par les titres rapportés au volume.* — Cette première condition aurait pour conséquence de majorer de 3 pour 100 environ l'ordre de grandeur des résultats numériques par rapport aux chiffres publiés antérieurement.

2° *Confection de nouvelles tables hydrographiques*, rendue nécessaire par l'impossibilité d'appliquer, pour passer d'un système de chiffres à l'autre, un terme correctif uniforme. Ces tables devront comporter en outre des corrections de température.

En attendant la réalisation de ces conditions, et pour parer à la difficulté de se procurer de l'eau normale, nous avons adopté provisoirement la solution suivante :

Nous employons comme étalon une eau océanique récoltée dans le golfe de Gascogne (¹). Son chiffre de chloruration a été déterminé une fois pour

---

(¹) Les prélèvements de cette eau ont été faits en deux fois, au cours des croisières hydrographiques de la « Tanche » en 1923 : ils ont montré qu'il est possible de récolter, à une profondeur de 50^m, même en des points assez distants et dans des conditions de température assez différentes, une eau océanique de chloruration constante, convenant par suite très bien à la préparation d'étalons.

toutes par rapport à l'eau normale de Copenhague; la constance de ce chiffre est et continuera à être contrôlée au moyen d'une solution de chlorure de sodium, *de concentration fixe.* Les chiffres ainsi obtenus restent donc comparables à ceux des publications antérieures.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Typhacées. Développement de l'embryon chez le* Sparganium simplex *L.* Note [1] de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Les lois qui président au développement de l'embryon, chez le *Sparganium simplex*, présentent les analogies les plus frappantes avec celles qui ont été établies au sujet du *Luzula Forsteri* [2]. La différence la plus importante apparaît au cours de la formation du proembryon octocellulaire et réside dans la marche plus rapide des segmentations dans la cellule basale du proembryon bicellulaire.

Ainsi, pour donner naissance à la tétrade proembryonaire, cette cellule (*fig.* 1, *cb*) se sépare toujours par une cloison transversale (*fig.* 2), avant que la cellule apicale ne se divise par une paroi longitudinale (*fig.* 3). La cellule la plus inférieure de la tétrade, *ci*, se segmente peu après transversalement (*fig.* 4) et la cellule intermédiaire, *m*, longitudinalement, pour engendrer un proembryon hexacellulaire (*fig.* 5). Les deux cellules supérieures juxtaposées de ce dernier prennent, un peu plus tard, des cloisons verticales méridiennes qui séparent quatre cellules-quadrants circumaxiales. Il se différencie de la sorte un proembryon octocellulaire (*fig.* 6 et 7), identique à celui que l'on rencontre chez le *Luzula Forsteri*. Cette identité ne consiste pas seulement dans la disposition de ses cellules, mais elle résulte encore des destinées des quatre étages, *q*, *m*, *n* et *n'*, dont il se compose.

Les quatre cellules de l'étage *q* se divisent par des parois tangentielles qui séparent immédiatement les premiers éléments de dermatogène (*fig.* 8).

Quelquefois cependant les cloisons sont nettement transversales; ainsi, dans la figure 9, qui représente deux coupes voisines d'un même proembryon, les deux quadrants antérieurs se sont segmentés tangentiellement, tandis que les deux quadrants postérieurs se sont divisés transversalement. Aux stades suivants, les cellules de dermatogène se segmentent radialement (*fig.* 10, 11) et les cellules intérieures transversalement, de manière à donner deux assises cellulaires horizontales correspondant aux deux étages *l* et *l'*, différenciés directement dans le cas du cloisonnement transversal des cellules-quadrants (*fig.* 12).

---

[1] Séance du 16 juillet 1924.

[2] R. Souèges, *Embryogénie des Joncacées. Développement de l'embryon chez le* Luzula Forsteri *DC.* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 705).

Les cellules intérieures de l'étage *l* se divisent verticalement (*fig.* 14), ou horizontalement (*fig.* 15), et donnent finalement naissance à un massif cellulaire d'où dérivent le périblème et le plérome de la région supérieure du cotylédon (*fig.* 16 à 23). Les quatre cellules intérieures de l'étage *l'* se segmentent verticalement et séparent ainsi les premiers éléments de périblème et de plérome (*fig.* 13). A ces parois longitudi-

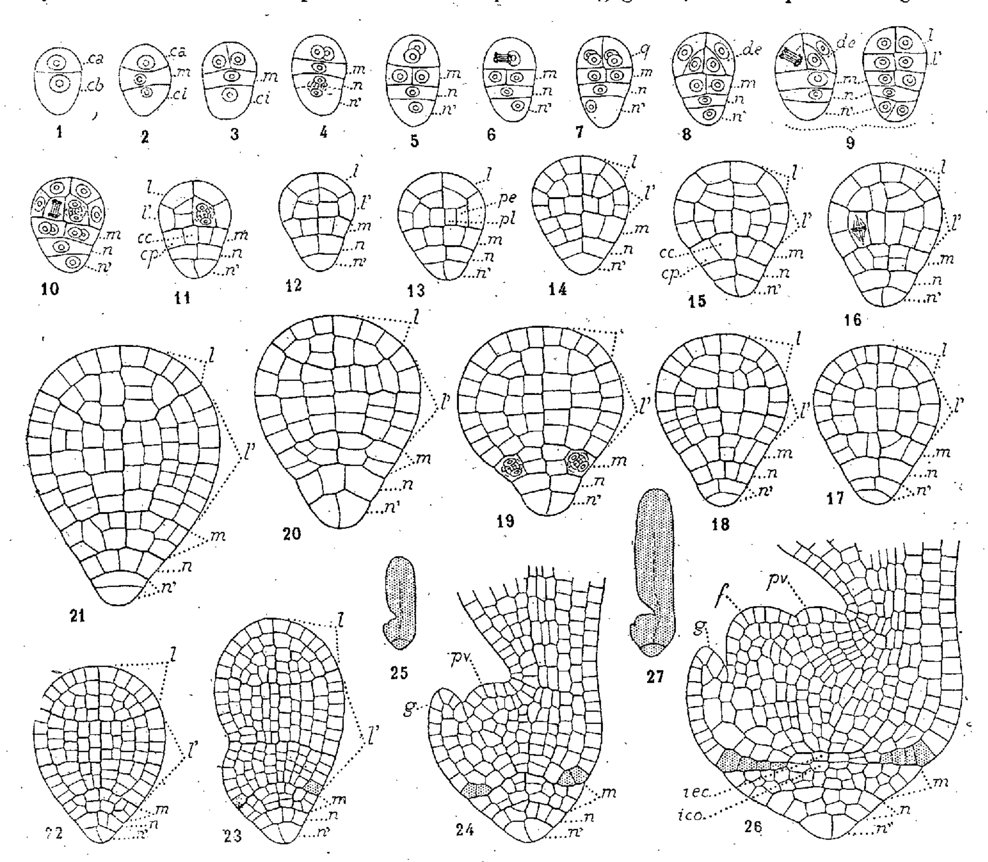


Fig. 1 à 27. — *Sparganium simplex* L. — Les principaux stades du développement embryonnaire. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb*; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l* et *l'*, les deux étages supérieurs dérivés des quadrants; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *cp* et *cc*, cellules périphériques et cellules centrales de l'étage *m*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *ico*, initiales de la coiffe; *pv*, cône végétatif de la tige; *f*, première feuille; *g*, bord inférieur de la gaine cotylédonaire. G. = 370; 185 pour 22, 23, 24 et 26; 38 pour 25 et 27 qui représentent les embryons d'où sont tirés les détails des figures 24 et 26.

nales, succèdent des parois transversales (*fig.* 15, 16) qui divisent l'étage *l'* en deux régions très nettes : la région supérieure donne naissance à la partie basale du cotylédon, la région inférieure engendre l'hypocotyle et le cône végétatif de la tige (*fig.* 17 à 23).

Les deux cellules juxtaposées de l'étage *m* (*fig.* 7) se segmentent par des cloisons méridiennes de manière à donner quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9, 10); celles-ci

prennent de nouvelles cloisons verticales et engendrent un plateau cellulaire qui laisse bientôt apparaître, en coupe longitudinale, deux éléments périphériques, *cp*, et deux cellules centrales, *cc* (*fig.* 11 à 15). Aux dépens des cellules centrales se différencient les initiales de l'écorce au sommet radiculaire et les initiales de la coiffe. Quelquefois ces deux sortes d'initiales s'individualisent d'emblée et de très bonne heure par cloisonnement transversal des cellules centrales; mais généralement cette différenciation est beaucoup plus tardive. Selon des processus assez divers, tous les éléments de l'étage *m* se segmentent obliquement ou transversalement et se décomposent en deux assises, quelquefois trois assises, assez régulièrement disposées. Dans les éléments dérivés des cellules centrales, se produisent de nouvelles segmentations longitudinales (*fig.* 21, 22) ou transversales (*fig.* 23), et c'est aux dépens des éléments les plus intérieurs et les plus voisins de l'étage *l'* que se différencient définitivement les initiales de l'écorce au sommet radiculaire et les initiales de la coiffe.

Les cellules dérivées des éléments périphériques, *cp*, les cellules les plus inférieures de l'étage *m*, ainsi que toutes celles qui naissent aux dépens de *n* et de *n'*, entrent dans la constitution de la coiffe. Ce tissu se trouve de bonne heure très distinctement délimité, et ce qui rend encore ces limites particulièrement nettes, au moment de la différenciation du cotylédon, c'est le mode de multiplication des cellules épidermiques les plus inférieures de l'étage *l'*, qui, au lieu de se diviser par des parois s'insérant sur la membrane périphérique, se partagent par des cloisons s'appuyant inférieurement sur la paroi horizontale de séparation des deux étages *l'* et *m* (fig. 23, 24, 26, cellules en grisaille).

On voit, somme toute, que l'histoire embryogénique du *Sparganium simplex* reproduit dans ses traits essentiels celle du *Luzula Forsteri*. Dans les deux cas, l'épiderme s'individualise de très bonne heure par segmentation tangentielle des quadrants et les différents étages dont se compose le proembryon possèdent des destinées identiques. Le *Sparganium simplex* peut néanmoins se distinguer du *Luzula Forsteri* par la marche plus rapide des segmentations dans la cellule basale et par les processus un peu plus complexes selon lesquels se différencient les initiales de l'écorce au sommet radiculaire et celles de la coiffe.

Hegelmaier [1] a étudié, en 1874, le développement de l'embryon chez le *Sparganium ramosum*. La marche des segmentations apparaît analogue à celle qui vient d'être exposée au sujet du *S. simplex*. L'auteur, cependant, n'a pu établir la filiation exacte des premiers blastomères, ni par conséquent résoudre, avec toute la précision nécessaire, le problème de l'origine des régions fondamentales du corps aux dépens de tels ou tels éléments proembryonnaires.

---

(1) F. Hegelmaier, *Zur Entwicklungsgeschichte monokotyledoner Keime nebst Bemerkungen über die Bildung der Samendeckel* (*Bot. Zeitung*, t. 32, 1874, p. 631, 648).

BOTANIQUE. — *Sur la répartition des algues calcaires (Corallinacées) en profondeur, en Méditerranée.* Note [1] de Mme **Paul Lemoine**, présentée par M. L. Mangin.

Le commandant Charcot a fait au cours de l'été 1923, en Méditerranée, à bord du *Pourquoi-Pas ?* une campagne de dragages qui, au point de vue de la répartition des Corallinacées, donne des renseignements d'une importance capitale [2].

Tous ceux qui ont fréquenté les côtes de la Méditerranée connaissent l'abondance de ces algues à marée basse et à quelques mètres de profondeur, où, associées aux Bryozoaires et autres animaux, elles constituent les formations connues sous le nom de « trottoirs ». D'autre part les recherches faites en quelques points spéciaux : golfe de Marseille (Marion et MM. Joleaud), golfe de Naples (Solms Laubach), mer Adriatique (Kuckuck), Baléares (de Buen), ont montré que leurs nombreuses espèces aux aspects variés couvrent une grande partie des fonds entre 30 et 60^{m}.

Par leurs dragages méthodiques faits en de nombreux points de la Méditerranée éloignés des côtes, les croisières océanographiques du *Thor*, sous la direction de Johs. Schmidt en 1908 et 1910 [3], puis du *Pourquoi-Pas?*, commandée par J.-B. Charcot en 1923, ont permis de déterminer le nom de ces espèces, de comparer entre elles les espèces tout à fait littorales et les espèces profondes et de fixer la limite inférieure de vie de cette famille d'algues.

Ce sont ces résultats que j'exposerai dans cette Note. Je laisserai de côté les Corallinées dont les espèces formées de fines branches articulées très fragiles ne peuvent pas être facilement recueillies par dragage ; cependant un dragage heureux a recueilli à 80^{m} de profondeur un thalle de *Corallina mediterranea* Aresch. ; ce simple fait prouve que cette espèce, qu'on trouve en abondance au niveau de la surface de la mer, peut vivre également à une profondeur assez grande.

En ce qui concerne les Mélobésiées, il semble y avoir une différence

---

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) Mme Paul Lemoine. *Corallinacées recueillies par dragages en Méditerranée* (Croisière du *Pourquoi-Pas en* 1923) (*Bull. Mus. Hist. natur.*, 26 juin 1924 (à l'impression)

(3) Mme Paul Lemoine, *Calcareous algæ* (*Rep. on the Danish oceanogr. Exped.* 1908-1910 *to the medit. and adj. seas*, II, 30 pages, 10 figures dans le texte, 1 planche. Copenhague, 15 avril 1915).

importante dans la répartition des espèces crustacées (en lamelles ou en croûtes plus ou moins mamelonnées) et des espèces ramifiées (formées de nombreuses branches) et ceci indépendamment du genre auquel elles appartiennent.

Les espèces ramifiées ne se recueillent pas à très faible profondeur : ce n'est qu'au delà de 15ᵐ que vivent *Lithothamnium calcareum* (Pall.) Aresch., *Lithophyllum racemus* (Lmk.) Fosl., *Lithophyllum solutum* (Fosl.) Lem.; quant au *Lithothamnium fruticulosum* (Kutz.) Fosl., il n'a jusqu'ici été signalé qu'entre 55 et 65ᵐ. La limite inférieure de ces espèces ramifiées paraît être entre 65 et 80ᵐ.

Au contraire les algues crustacées sont abondantes aussi bien au niveau de la basse mer sur les trottoirs, que dans les régions plus profondes. Sauf les deux espèces *Lithophyllum incrustans* Phil. et *Tenarea tortuosa* (Esp.) Lem., toutes les espèces qu'on recueille sur les trottoirs ont été retrouvées à de plus grandes profondeurs; c'est ainsi que d'une part *Lithothamnium Sonderi* Hauck et *L. subtenellum* Fosl. ont été recueillis jusqu'à 65ᵐ, et d'autre part *Lithothamnium polymorphum* (L.) Aresch., *Lithophyllum lichenoides* (Ell.) Phil., *L. Haucki* Rothpl., *L.* (*D.*) *papillosum* (Zan.) Fosl., *Pseudolithophyllum expansum* (Phil.) Lem. jusqu'à 80ᵐ de profondeur.

Au delà de 80ᵐ l'abondance des Mélobésiées diminue notablement; cependant quelques espèces ont été recueillies à des profondeurs plus grandes : *Lithothamnium Lenormandi* (Aresch.) Fosl. et *Lithophyllum* (*Derm.*) *hapalidioides* (Crouan) Fosl. ont été ramenés par un dragage du *Thor* à 98ᵐ; et le *Pourquoi-Pas?* a découvert *Lithothamnium Philippii* Fosl. à 120ᵐ, la profondeur extrême à laquelle ont été jusqu'ici récoltées des Mélobésiées en Méditerranée.

En résumé, on peut fixer provisoirement à 80ᵐ la limite inférieure de vie des espèces ramifiées et de la plupart des espèces crustacées; la limite inférieure extrême étant de 120ᵐ pour certaines algues crustacées. Quant à la limite supérieure elle est à 0ᵐ pour les algues crustacées et à 15ᵐ pour les algues ramifiées. Il en résulte que la répartition verticale est plus étendue pour les algues crustacées que pour les autres.

Il me paraît intéressant de comparer ces résultats avec ceux obtenus dans la Manche par MM. Hamel et Dangeard lors des deux croisières du *Pourquoi-pas?* en 1921 [1] et 1923, dirigées par le commandant Charcot.

---

[1] Mᵐᵉ Paul Lemoine, *Répartition des algues calcaires dans la Manche occidentale d'après les dragages du Pourquoi-Pas?* (*Bull. Mus. Hist. nat.*, 1923, n° 6, p. 462-469).

Dans la Manche, la limite supérieure des algues crustacées est environ à 0, celle des algues ramifiées à 15^m; mais la limite inférieure extrême ne dépasse pas 45 à 50^m; d'ailleurs certaines espèces n'atteignent jamais cette profondeur et ont leur limite inférieure à 35^m; enfin, deux espèces, qui n'ont jamais été recueillies dans les dragages effectués à plus de 15^m, paraissent confinées à la zone de balancement des marées.

Par conséquent, si la limite supérieure de vie des Corallinacées offre, en Manche et en Méditerranée, une similitude complète, il n'en est pas de même de la limite inférieure; mais, dans les deux mers, ce sont les algues crustacées qu'on recueille seules aux profondeurs extrêmes.

Il est curieux de constater que cette répartition verticale différente s'applique à des espèces communes à ces deux mers : ainsi *Lithophyllum lichenoides* est, dans la Manche, une espèce confinée à la zone de balancement des marées, tandis qu'en Méditerranée elle a été recueillie jusqu'à 80^m de profondeur.

En somme, les conditions de vie en Méditerranée permettent aux algues calcaires, comme d'ailleurs aux autres algues, d'y vivre beaucoup plus profondément qu'en Manche et de s'y trouver en grande abondance à des profondeurs où les dragages n'en découvrent pas en Manche.

Divers facteurs paraissent pouvoir intervenir pour expliquer cette différence : la température, la luminosité de l'atmosphère, la transparence de l'eau de mer, etc. Comme ces algues sont connues jusque dans les régions les plus froides (80° latitude Nord, 73° latitude Sud) et qu'elles y sont prospères et abondantes, il est probable que la question de différence de température ne joue pas un rôle prépondérant.

Les dragages effectués jusqu'ici dans les autres mers du globe ne permettent pas encore d'entrevoir les lois générales de répartition verticale de ces algues. Aussi, est-il à souhaiter que l'étude méthodique des conditions de vie des algues calcaires se poursuive par de nouveaux dragages dans des régions encore inexplorées et nous apportent, sur ces questions intéressantes, des renseignements qui élucideront les problèmes relatifs à la biologie de ces algues et permettront, d'autre part, de préciser la profondeur à laquelle ont été constitués les terrains contenant des restes de cette famille si ancienne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges d'eau des mousses avec l'atmosphère.* Note de MM. André Mayer et L. Plantefol, présentée par M. M. Molliard.

Les mousses réalisent avec l'atmosphère des échanges d'eau, soit qu'elles en rejettent, soit qu'elles en fixent, à l'état de vapeur. Ces échanges sont réglés par la teneur en eau de la mousse, la teneur en eau de l'atmosphère, déterminant leurs tensions de vapeur, et par la température. On sait que dans la nature, les mousses peuvent présenter divers degrés d'hydratation. Tant que cette hydratation est supérieure à une certaine valeur-limite sur laquelle nous reviendrons plus loin, les échanges d'eau avec l'atmosphère se présentent de la façon suivante :

I. État d'équilibre. — A. *Tension de vapeur en équilibre avec les mousses à divers degrés d'hydratation. Réversibilité de l'hydratation :*

1° Si dans des atmosphères limitées, rigoureusement sèches, on introduit des lots de mousses à divers degrés d'hydratation, pour une teneur en eau donnée des mousses, il se réalise dans l'atmosphère une tension de vapeur toujours la même.

2° Inversement, si l'on réalise des atmosphères de tensions de vapeur définies (grâce à la présence de mélanges d'eau et d'acide sulfurique, de tension de vapeur connue), les mousses qui y sont introduites prennent ou perdent de l'eau de façon à aboutir à une teneur en eau fixe.

3° Quel que soit celui de ces deux modes opératoires qu'on emploie, à une même teneur en eau de la mousse, correspond, au moins pour les teneurs moyennes, une même tension de vapeur de l'atmosphère, lorsque l'équilibre est obtenu.

Par exemple : à 14°,4 (tension de vapeur de l'eau : 12,25 mm/Hg)

Teneurs en eau de la mousse (°/₀).	65	33	29	24,2	19,8	8,9
Tensions de vapeur (mm/Hg)...	12,17	11,93	11,19	10,48	9,55	$<5,2$

La tension de vapeur en équilibre avec la mousse se rapproche d'autant plus de celle de l'eau que la teneur en eau de la mousse est plus forte. En fonction de la teneur en eau de la mousse et au-dessus du minimum dont il a été question plus haut, la tension de vapeur croît d'abord rapidement, puis de moins en moins vite.

B. *Variation avec la température :* 1° *Tension de vapeur.* — La tension de vapeur avec laquelle des mousses d'une teneur en eau donnée sont en équi-

libre, s'élève avec la température. Elle double à peu près pour un intervalle de 10° entre 14° et 37°. Pour des mousses d'hydratations différentes, on peut établir une série d'isothermes de même allure, pour lesquels la tension de vapeur en équilibre avec la mousse la plus humide est très proche de la tension de vapeur de l'eau à la température considérée.

2° *Teneur en eau.* — D'autre part, si, à des températures différentes, on réalise des atmosphères dont la tension de vapeur est invariable (7^{mm},5 par exemple), la teneur en eau de la mousse à l'état d'équilibre est d'autant plus faible que la température est plus haute; la courbe s'abaisse très rapidement jusqu'au voisinage de 10°, puis de plus en plus lentement.

II. Vitesse de mise en équilibre des mousses avec le milieu. — La vitesse de mise en équilibre des mousses avec le milieu dépend de la teneur en eau de la mousse, de la tension de vapeur du milieu et de la température.

Cette vitesse, grande quand la teneur en eau de la mousse est loin de l'état d'équilibre, diminue de plus en plus au fur et à mesure qu'on s'en rapproche.

III. Eau résiduelle. — En outre de l'eau qui s'échange aisément entre l'atmosphère et la mousse, une petite quantité d'eau paraît fixée à la plante suivant un autre mode de liaison. De même que, dans la nature, les mousses ne se dessèchent pas complètement, expérimentalement, dans une enceinte où la tension de vapeur est nulle, la mousse conserve un peu d'eau à la température ordinaire (5 à 6 pour 100 chez l'*Hypnum triquetrum*). Elle n'abandonne cette eau qu'à 100°. Cette dessiccation à haute température modifie la mousse : ses échanges d'eau ne se font plus avec la même vitesse que ceux de la mousse normale ; l'état d'équilibre atteint n'est plus exactement le même.

IV. Mécanisme des échanges d'eau. — L'examen des phénomènes d'hydratation et de dessiccation des mousses permet d'étudier, dans des conditions particulièrement favorables, la liaison avec l'eau d'une cellule vivante. L'examen des tensions de vapeur conduit à délimiter trois zones : l'une, celle de l'eau résiduelle, dans laquelle la liaison est particulièrement forte; une seconde, où la tension de vapeur se rapproche de celle de l'eau et où les échanges pourraient être réglés par la pression osmotique des corps dissous, et une troisième, intermédiaire, très importante. Dans cette zone, les échanges se présentent bien comme des phénomènes réversibles, des phénomènes d'équilibre dont la courbe est continue et dont l'intensité double pour une élévation de température de 10°.

Quelle est la force physique qui est mise en jeu? Il ne saurait s'agir de la

pression osmotique des corps dissous. En effet, les tensions de vapeur des mousses à faible teneur en eau correspondent à une pression osmotique que ne peut présenter une solution saline : si la loi de Raoult était applicable, il faudrait, pour déterminer le même abaissement de la tension de vapeur que détermine une mousse à 8 pour 100 d'eau, une solution contenant près de 3000^g de NaCl pour 1000^g d'eau. D'ailleurs, si dans une enceinte fermée ($t = 16°$), on place des mousses à 8 pour 100 d'eau par exemple, à côté d'une solution saturée de NaCl, les mousses s'enrichissent en eau jusqu'à atteindre une teneur en eau de 18 pour 100. Il s'agit donc d'une affinité pour l'eau considérable, le cinquième environ de l'affinité pour l'eau de l'acide sulfurique (63° B.). Cette affinité est de même nature que celle qui donne naissance aux phénomènes d'imbibition. Le fait que le coefficient de température soit négatif, pour l'hydratation des mousses, confirme cette vue. Des mesures calorimétriques directes en cours d'exécution nous en apportent d'ailleurs une nouvelle preuve.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'absorption de la potasse par l'acide humique.* Note [1] de M. **André Charriou**, transmise par M. H. Le Chatelier.

La terre végétale est constituée par l'association de divers composés minéraux avec des composés organiques appartenant à la famille des acides humiques. Il semble que le rôle des matières humiques soit, comme l'hypothèse en a été admise, de fixer dans le sol une partie importante des fertilisants minéraux, qui sans cela seraient rapidement enlevés par les eaux.

Nous avons étudié dans ce travail les phénomènes qui font que la potasse mise dans les terres sous forme de sels solubles y subsiste en assez grande proportion, à l'état insoluble.

Dans nos expériences nous nous sommes servi d'acide humique préparé à partir du sucre suivant la méthode indiquée par Berthelot et André [2], afin d'avoir un corps de composition constante et ne contenant pas de matières minérales.

I. *Acide humique et potasse.* — Des quantités connues d'acide humique séché à 100°, étaient mises en présence de solutions de potasse à diverses concentrations, à froid, pendant 36 heures avec légère agitation.

---

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 916.

Après filtration, l'acide humique était lavé, à l'eau froide, jusqu'à disparition de la présence de la potasse dans les eaux de lavage (environ 600^{cm^3}). La partie insoluble était ensuite séchée à 100° et pesée.

Après destruction de la matière organique par l'acide nitrique la potasse fixée dans l'acide humique était dosée à l'état de perchlorate.

Dans quelques expériences nous avons aussi dosé la potasse restant dans la liqueur après séparation de la partie insoluble de façon à connaître la différence entre les quantités de potasse existant dans l'acide humique avant et après lavage.

Liqueur primitive.		Potasse fixée dans l'acide humique avant lavage.	Partie insoluble après lavage.		
Potasse %.	Acide humique.		Acide humique.	Potasse absorbée.	Potasse absorbée %.
	g	g	g	g	
0,05	2	»	1,91	0,026	1,3
0,1	2	0,07	1,87	0,057	3
0,5	2	0,192	1,8	0,097	5,2
1	2	0,35	1,73	0,126	7,3
2	2	»	1,65	0,149	9
5	2	»	1,59	0,175	11
10	2	»	1,557	0,197	12,6

La variation de la potasse absorbée pour 100 d'acide humique en fonction de la potasse pour 100 dans la liqueur, à l'équilibre, peut être représentée par une courbe de forme exponentielle, semblable à celles données en général par les phénomènes d'absorption. Cette courbe ne présente de plus aucune discontinuité : *la fixation de la potasse sur l'acide humique tient donc à une absorption et non à des combinaisons définies, comme l'avaient indiqué Berthelot et André.*

Comme on pouvait le prévoir les quantités de potasse dans l'acide humique sont beaucoup plus importantes avant le lavage qu'après.

II. *Acide humique et carbonate ou bicarbonate de potasse.* — Nous avons mesuré les poids de potasse absorbée en mettant en présence, suivant le même mode que précédemment, de l'acide humique avec des solutions de carbonate et de bicarbonate de potasse.

Carbonate de potasse pour 100.	Acide humique.	Potasse absorbée.	Potasse absorbée pour 100.
	g	g	
10.............	2	0,228	11,4
2.............	2	0,16	8
Bicarbonate de potasse.			
10.............	1,9	0,117	6,1

On voit donc que l'absorption de la potasse, à concentration égale, est plus forte dans les solutions de potasse que dans celles de carbonate, et dans ces dernières plus forte que dans celles de bicarbonate.

III. *Acide humique et chlorure de potassium.* — Nous avons de même mesuré les poids de potasse absorbée par l'acide humique, en présence de solutions de chlorure de potassium.

Chlorure de potassium pour 100.	Acide humique.	Potasse absorbée.	Potasse absorbée pour 100.
	g	g	
10	2	0,0136	0,68
2	2	0,0087	0,43

Les absorptions sont beaucoup plus faibles dans ce cas que précédemment. Cela tient à ce qu'il y a mise en liberté d'acide chlorhydrique qui limite l'absorption. Nous avons vérifié qu'en présence de carbonate de chaux l'absorption est beaucoup plus forte; en effet l'acide chlorhydrique se combine au carbonate de chaux, ce cas se rencontre dans le sol.

Chlorure de potassium pour 100.	Carbonate de chaux.	Acide humique.	Potasse absorbée.	Potasse absorbée pour 100.
	g	g		
10	0,5	2	0,096	4,8
2	0,5	2	0,075	3,7

IV. *Déplacement de la potasse par la chaux.* — Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré qu'un corps absorbé peut être déplacé par un corps de même fonction et possédant une valence plus élevée. Nous avons pensé que la potasse pourrait ainsi être déplacée sur l'acide humique par la chaux.

1° Si on lave avec une solution saturée de bicarbonate de chaux, de l'acide humique contenant de la potasse absorbée, la potasse passe complètement en solution et la chaux se fixe à sa place sur l'acide humique;

2° Si l'on met de l'acide en contact avec une solution contenant un mélange de bicarbonates de potasse et de chaux, en concentrations égales : l'acide absorbe la chaux et non la potasse;

3° Nous avons vérifié qu'en présence d'une solution de bicarbonate de chaux, l'acide humique absorbe de la chaux.

Dans une solution contenant $0^g,604$ de chaux, $1^g,93$ d'acide humique a absorbé $0^g,056$ de chaux, soit 3 pour 100.

([1]) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1890.

La mobilisation de la potasse par la chaux, qui a été observée souvent dans les sols, tient donc au déplacement sur l'acide humique de la potasse par la chaux dissoute dans les eaux contenant de l'acide carbonique.

Il est possible, de même, de déplacer la potasse par lavages avec des solutions de sels de baryte, de magnésie et d'oxyde ferrique.

TECHNOLOGIE VÉGÉTALE. — *Pouvoir agglutinant et pouvoir coagulant des agents de coagulation vis-à-vis des latex caoutchoucifères.* Note [1] de MM. F. Heim et R. Audubert, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Pour définir l'action coagulante des divers agents physico-chimiques, vis-à-vis des latex caoutchoucifères, on n'use que de qualificatifs vagues : bon, assez bon, mauvais coagulant; toute classification ou comparaison entre agents coagulants, établie avec autant d'imprécision, manque totalement de valeur. Le plus souvent même, il est impossible de tirer parti, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue technique, des indications qualitatives données dans les travaux relatifs à la coagulation des latex. Malgré la complexité du problème, il est possible d'arriver à une évaluation quantitative, approximative tout au moins, des actions coagulantes qui s'exercent sur les latex des plantes à caoutchouc.

On sait, par les recherches de nos devanciers et les nôtres, que *la coagulation*, c'est-à-dire la soudure de tous les globules ou grains d'un latex en un caillot unique et macroscopiquement homogène, peut être regardée comme le stade ultime de l'*agglutination*. Ce dernier phénomène correspond à la formation réversible, au sein du latex, des flocons constitués par des groupes de grains soudés entre eux.

Si l'on ajoute des doses, progressivement croissantes, d'un agent coagulant à un latex, l'équilibre de celui-ci est détruit : pour une concentration déterminée, des flocons apparaissent, qui grossissent, à mesure qu'augmente la quantité de réactif ajouté ; à partir d'une certaine dose de réactif, des filaments se forment, c'est l'amorce de la véritable coagulation ; avec une dose plus forte de réactif, on obtient un caillot, d'abord partiel, puis total.

Quand on étudie, de près, la marche de ces transformations successives, on est frappé par l'allure brusque avec laquelle elles apparaissent. Par exemple, au début, l'addition, au latex, de doses progressivement croissantes

---

[1] Séance du 16 juillet 1924.

de coagulant ne le modifie pas ; son état de dispersion reste invariable, puis brusquement, pour une addition nouvelle, très faible, de coagulant, l'agglutination s'amorce : les premiers flocons apparaissent. Cette première phase est particulièrement facile à mettre en évidence par l'observation microscopique, et à fixer photographiquement.

Il est donc tout à fait possible de déterminer, sur la platine du microscope, la dose minima pour laquelle apparaissent, au sein du latex, les premiers flocons ; cette évaluation peut être obtenue avec une assez grande précision.

En ce qui concerne la coagulation proprement dite, le phénomène débute moins brusquement ; aussi, est-il moins facile de fixer la concentration du réactif, pour laquelle la coagulation commence. Malgré cette petite incertitude, il est possible de prendre, comme critérium de la coagulation, non seulement la formation d'un caillot, mais surtout l'apparition d'une structure réticulaire dans ce caillot ; l'incertitude est considérablement réduite, et il devient possible de déterminer, avec une réelle précision, la concentration et la quantité du réactif, pour lesquelles cette coagulation commençante est amorcée.

D'autre part, les expériences sur la coagulation montrent qu'un agent coagule d'autant mieux un latex qu'il l'a plus facilement agglutiné.

Ces résultats nous engagent à proposer, pour la comparaison de l'action sur les latex des différents agents de coagulation, la détermination des *pouvoirs agglutinant et coagulant*. Ces pouvoirs seront définis de la manière suivante :

On appellera pouvoir agglutinant d'une substance, l'inverse de la plus petite quantité de cette substance capable de déterminer la formation, au sein du latex, des premiers flocons.

On appellera pouvoir coagulant de la même substance, l'inverse de la plus petite quantité de cette substance capable de déterminer la formation d'un caillot.

L'expérience nous a montré que, pour un même latex, les pouvoirs coagulants des différents agents restent proportionnels à leurs pouvoirs agglutinants.

Les indications numériques ainsi obtenues n'ont de valeur comparative que pour un même latex.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence des électrolytes sur la surface totale des éléments du sol*[1]. Note[2] de M. **Ladislas Smolik**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

On a lavé un sol (200g) à l'eau distillée sur un filtre soutenu par un entonnoir de Büchner, de telle sorte que le filtrat fût limpide (l'effet de Tyndall a été faible). Le sol n'a perdu que des sels solubles qui maintenaient à l'état de flocons les solutions colloïdales; celles-ci commencent à se remettre en suspension et l'étendue de la surface totale doit augmenter et par conséquent l'hygroscopicité s'élever. Il est important, surtout pour les sols podsolisés[3], d'essayer de connaître comment varie leur degré de division par suite du lavage. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Terre n° 1.		Terre n° 2.	
Filtrat en cm³.	Hygroscopicité.	Filtrat en cm³.	Hygroscopicité.
0	6,769	0	6,449
2250	6,930	2250	6,690
5030	7,032	5140	6,961
26900	»	20550	7,061

Le lavage achevé, on a laissé les sols sécher à l'air et, après trituration, on a déterminé de nouveau l'hygroscopicité.

	Hygroscopicité de la terre	
	n° 1.	n° 2.
Terre séchée à l'air et non lavée	5,756	5,737
Terre lavée et séchée à l'air	5,958	5,959

Pour déterminer la quantité et la nature des électrolytes enlevés par un lavage avec 20l environ d'eau distillée pour 200g de terre, on a analysé la terre n° 2 non lavée et la même terre après le lavage (attaque de la terre par l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, à chaud, pendant 3 heures).

---

(1) Voir Ladislas Smolik, *Influence de la chaleur sur la surface totale offerte par les éléments du sol* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2266).

(2) Séance du 16 juillet 1924.

(3) Abondamment lavés par les pluies.

	Terre non lavée.	Terre lavée par 20^l d'eau.	Différence.	Perte pour 100 de sel soluble.
SiO^2	0,062	0,056	0,006	9,7
Al^2O^3	3,520	3,520	0	0
Fe^2O^3	2,412	2,410	0,002	0,1
MgO	0,448	0,231	0,217	48,0
CaO	1,212	1,034	0,178	14,7
K^2O	0,251	0,209	0,042	16,7
P^2O^5	0,228	0,188	0,040	17,5
SO^3	0,048	0,032	0,016	33,3
Mn^3O^4	0,107	0,062	0,045	42,1
Totaux	8,330	7,781	0,549	

Les analyses précédentes nous apprennent que, si l'on opère avec l'eau à température ordinaire, les éléments entrent en dissolution suivant l'ordre : magnésie, manganèse, acide sulfurique, chaux, acide phosphorique, potasse et enfin silice ([1]), oxyde ferrique et alumine. Quant à l'azote total, on a trouvé dans la terre non lavée 0,165 et dans la terre lavée 0,132 pour 100.

La diminution de la teneur en sels du sol n° 2, de 0,549 sur 8,330 ou de 6,5 pour 100, a augmenté sa surface de 10 pour 100 (comparée à la surface de la terre non lavée).

Addition des sels. — Nous avons déterminé d'abord les quantités d'eau retenues par divers sels dans une atmosphère où la vapeur d'eau possède la tension de l'acide sulfurique à 10 pour 100 (en vue de pouvoir retrancher ces quantités de l'eau hygroscopique de la terre, comme on va dire plus loin).

Puis, sur une plaque de Petri, on a disposé 30g de la terre fine (n° 1) séchée à l'air libre et l'on a ajouté de l'eau contenant certaines quantités d'électrolytes. On a laissé évaporer à sec à l'air libre et, après trituration, on a déterminé l'hygroscopicité. On a trouvé :

([1]) Voir Novak-Smolik, *Ueber die Menge und Zusammensetzung des Kolloidtons in Boden* (*Kolloid-Zeitschrift*, vol. 32, 1923, 1er semestre, p. 328). L'argile colloïdale est la partie la plus riche en Si, Fe et Al.

30g de la terre additionnée des quantités de sels ci-dessous.		Hygroscopicité, après la soustraction de l'eau retenue par le sel.
Eau exempte d'électrolytes		6,256
Eau additionnée de 0g,01	NaCl	6,148
» 0 ,02	»	6,097
» 0 ,03	»	5,304
» 0 ,01	$CaCl^2$	6,185
» 0 ,02	»	5,907
» 0 ,03	»	5,301
» 0 ,01	$Ca(NO^3)^2$	5,662
» 0 ,03	»	5,335

Il résulte de ces nombres que l'hygroscopicité de la terre décroît d'autant plus que l'addition des sels croît.

L'ensemble des résultats présentés dans cette Note et la précédente nous amène à conclure comme suit :

1° L'étendue de la surface des particules terreuses dépend de la température à laquelle le sol a été exposé. Elle est, toutes choses égales, d'autant moindre que cette température a été plus haute. Les terres séchées à l'air ont perdu de 11 à 15 pour 100 de leur surface totale. Par le séchage à 50° et 100° C, les terres n'ont perdu en outre que de 0,7 à 5,6 pour 100. La diminution de la surface active est importante au point de vue pratique; elle contribue à mettre en liberté des substances nutritives du sol et cela arrive après un été extrêmement chaud. Sous l'action de la dessiccation absolue, la surface est réduite d'un cinquième dans les sols essentiellement composés d'éléments minéraux et de deux cinquièmes dans la tourbe. La chaleur produit donc un effet plus grand de coagulation sur l'humus que sur les colloïdes inorganiques;

2° La gelée discontinue a exercé une action peu considérable sur la diminution de la surface de la terre séchée à l'air. Au contraire, dans la terre mouillée, elle a augmenté la surface de plus que 4 pour 100;

3° L'enlèvement des électrolytes par lavage suffisamment prolongé a causé une reprise de l'état de sols des hydrogels, et l'hygroscopicité s'est élevée de 10 pour 100 environ.

En augmentant, au contraire, la teneur en sels du sol, on a diminué sa surface totale.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Dosage pondéral de la cyanamide à l'état de xanthyl-urée.* Note de MM. **R. Fosse, Ph. Hagene** et **R. Dubois**, présentée par M. E. Roux.

I. La méthode d'analyse quantitative gravimétrique de l'urée à l'aide du xanthydrol étant précise et rapide, il était intéressant de vérifier si la cyanamide peut subir quantitativement la transformation en urée

$$CN.NH^2 + H^2O = CO\begin{cases}NH^2\\NH^2\end{cases}$$

afin de ramener son dosage à une pesée d'urée dixanthylée

$$O\begin{cases}C^6H^4\\C^6H^4\end{cases}CH.NH.CO.NH.CH\begin{cases}C^6H^4\\C^6H^4\end{cases}O$$

de poids moléculaire dix fois supérieur à celui de la cyanamide.

La formation de la carbamide par hydrolyse de la cyanamide, depuis très longtemps connue (Cannizzaro et Cloez, 1851; Baumann, 1863) (1) est devenue, à la suite de nombreux travaux et brevets, l'une des deux réactions qui fournissent l'urée à l'agriculture.

Dans cette Note, nous établirons qu'il est facile de doser avec précision, sous la forme de xanthyl-urée, la cyanamide argentique pure CN^2Ag^2.

2. *Transformation intégrale de la cyanamide en urée.* — Au contact de l'acide nitrique à 40° Baumé, la cyanamide d'argent se dissout et produit presque aussitôt des cristaux de nitrate d'urée

$$CN^2Ag^2 + 3NO^3H + H^2O = 2NO^3Ag + CO\begin{cases}NH^2\\NH^2.NO^3H\end{cases}.$$

Le rendement en urée est théorique, si l'on abandonne le mélange jusqu'au lendemain à la température ordinaire ou si on le maintient 1 heure et demie à 2 heures à la température de 38°-40°.

3. *Dosage de l'urée formée par l'action de l'acide nitrique sur la cyanamide d'argent à la température ordinaire.* — A. Une fiole conique à bec, bouchant à l'émeri, reçoit :

Cyanamide d'argent	$0^g,1$ (environ)
Acide nitrique à 40°, privé de vapeurs nitreuses	$0^{cm^3},5$

(1) Cannizaro et Cloez, *Comptes rendus*, t. 32, 1851, p. 63. — Baumann, *Berichte*, t. 7, 1863, p. 1772.

On ajoute le lendemain de l'eau ($8^{cm^3},5$), de l'ammoniaque concentrée pour rendre le milieu faiblement alcalin (1^{cm^3}), de l'acide acétique (35^{cm^3}) et du xanthydrol en solution dans l'alcool méthylique à $\frac{1}{10}$, par portions de 1^{cm^3}, à 5 minutes d'intervalle (5^{cm^3}). Après 2 heures de condensation, l'urée xanthylée est essorée sur filtre et entonnoir concaves, lavée à l'alcool, séchée, détachée du filtre et pesée directement sur le plateau de la balance. Son poids, divisé par 10, représente la quantité de cyanamide correspondante, et par 7 celui de l'urée formée.

CN^2Ag^2.	Hydrolyse. Durée.	Dixanthylurée.	Urée %, CN^2Ag^2. Théorie : 23,43. Trouvé :	Erreur %, CN^2Ag^2 en urée.	CN^2H^2 %, CN^2Ag^2. Théorie : 16,4. Trouvé :	Erreur %, CN^2Ag^2 en CN^2H^2.
g 0,1086	h 17	g 0,1752	g 23,04	g —0,39	g 16,13	g —0,27
0,1016	17	0,1632	22,94	—0,49	16,06	—0,34
0,1009	17	0,1644	23,27	—0,16	16,29	—0,11

B. Dans une fiole, jaugée de 25^{cm^3}, à fermeture de verre, on introduit :

Cyanamide d'argent..........................	$0^g,250$ (environ)
Acide nitrique à 40°, privé de vapeurs nitreuses.	$1^{cm^3},25$

Le lendemain, on dissout la bouillie cristalline dans l'eau, on alcalinise par de l'ammoniaque concentré ($2^{cm^3},5$) et l'on complète le volume à 25^{cm^3} avec de l'eau. L'urée formée est dosée sur des parties aliquotes de cette liqueur, traitées par 3,5 fois leur volume d'acide acétique et leur demi-volume de xanthydrol méthylique à 1/10.

CN^2Ag^2.	Hydrolyse (durée).	Dixanthylurée pour $5/25^{cm^3}$ de liqueur.	Urée pour 100 CN^2Ag^2 Théorie : 23,43. Trouvé :	Erreur pour 100 CN^2Ag^2 en urée.	CN^2H^2 pour 100 CN^2Ag^2 Théorie : 16,4. Trouvé :	Erreur pour 100 CN^2Ag^2 en CN^2H^2.
g 0,27115	h 15	g 0,088	g 23,18	g —0,25	g 16,22	g —0,18
		0,08775	23,11	—0,32	16,18	—0,22
		0,0875	23,04	—0,39	16,13	—0,27

4. *Dosages de l'urée formée par l'action de l'acide nitrique sur la cyanamide d'argent vers* 38°-40°.

A. Les résultats qui suivent ont été obtenus, après chauffage du milieu réactionnel, préparé et analysé d'après les indications données plus haut au paragraphe 3, A.

CN^2Ag^2.	Hydrolyse à 38°-40° (durée).	Dixanthyl-urée.	Urée pour 100 CN^2Ag^2 Théorie : 23,43. Trouvé :	Erreur pour 100 CN^2Ag^2 en urée.	CN^2H^2 pour 100 CN^2Ag^2 Théorie : 16,40. Trouvé :	Erreur pour 100 CN^2Ag^2 en CN^2H^2.
g 0,0984	h m 1.30	g 0,1576	g 22,88	g —0,55	g 16,01	g —0,39
0,10528	1.30	0,171	23,20	—0,23	16,24	—0,16

B. Le milieu de composition 3, B, chauffé, puis analysé d'après la méthode décrite plus haut, donne les résultats suivants :

CN^2Ag^2.	Hydrolyse à 40° (durée).	Dixanthyl-urée pour 5/25$^{cm^3}$ de liqueur.	Urée pour 100 CN^2Ag^2 Théorie : 23,43. Trouvé :	Erreur pour 100 CN^2Ag^2 en urée.	CN^2H^2 pour 100 CN^2Ag^2 Théorie : 16,40. Trouvé :	Erreur pour 100 CN^2Ag^2 en CN^2H^2.
g 0,269	h 2	g 0,0875	g 23,23	g —0,2	g 16,26	g —0,14
		0,0875	23,23	—0,2	16,26	—0,14
		0,0876	23,25	—0,18	16,28	—0,12

PHYSIOLOGIE. — *Conservation des tissus vivants.*
Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Si l'on considère que le sang [1] et ses dérivés, tous susceptibles de coagulation, pénètrent les cellules et les nourrissent, on estimera que les *agents de conservation* du sang le sont aussi pour les organes et les tissus. Mais il faut bien se dire qu'une cellule ne demeure intacte et vivante qu'en réalisant des échanges de matière et d'énergie. Même dans un organisme léthargique, elle se nourrit et respire. Donc, la solution qui conserve un tissu ne le fait que pour *une durée déterminée*, d'autant plus grande qu'il y a une vitalité, un « travail physiologique » moins intense.

Voici d'abord les formules les plus connues de « solutions physiologiques » :

Composition...	Eau.	Na Cl.	K Cl.	$CaCl^2$.	CO^3NaH.	PO^4Na^2H.	CO^3Na^2.	Glucose.
Locke.........	1000	10	0,20	0,20	0,10	»	»	1,0
Ringer........	1000	6,0	0,075	0,10	0,10	»	»	»
Biedermann...	1000	5,0	»	»	»	2,0	0,45	»

Elles ne sont pas *isosmotiques*, la concentration étant de 11,50, 6,275 et 7,45 pour 1000. Elles ne sont pas toutes nutritives, et l'on ne comprend pas pourquoi le glucose figure dans celle de Locke. Le liquide de

(1) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1628.

Biedermann, entièrement sodique, emploie un phosphate acide et un carbonate neutre; c'est l'inverse qu'il eût fallu. Enfin, la présence d'un sel de calcium dans le Locke et le Ringer est une erreur, ce sel étant, comme nous l'avons démontré, coagulant du protoplasma. Nos expériences conduisent à une formule différente, qui est la suivante :

Composition...	Eau.	PO^4Na^3.	CH^3NaH.	NaCl.
	1000	3,0	3,0	2,0

Examinons les propriétés de cette *solution type*.

1° *Expériences préliminaires.* — Des muscles frais, détachés du corps d'une grenouille, sont mis dans certaines solutions à 7 et 8 pour 1000, pendant 25 jours. Ils s'effritent un peu et troublent le liquide dans le cas de NaCl, KI, KCl, SO^4Na^2, $(PO^4)^2Mg^3$, glucose, acide lactique. Ils se sont racornis dans $CaCl^2$, $(PO^4)^2Ca^3$, acide pyrogallique, éther, alcool. Mais, *dans* PO^4Na^3, CO^3NaH, *ils ont gardé l'aspect de la vie;* ce dernier sel diminue la viscosité du milieu.

Prenons simplement un *coagulum de sang de lapin*, lavé et séparé. On le traite par une solution à 8 pour 1000 de phosphate trisodique ou de bicarbonate de soude. Durant plusieurs jours, il a présenté un aspect de chair fraîche, mais sans se « décoaguler », l'état considéré, dû au fibrin-ferment, étant irréversible.

Plaçons le coagulum dans de l'*eau pure*, qui possède la plus forte tension superficielle. En 6 jours, le fragment s'est aminci, un peu disloqué, sans éprouver d'autre altération. C'est curieux, car il ne peut s'agir de plasmolyse.

Enfin un cœur de grenouille bat dans les solutions ci-dessus de CO^3NaH ou PO^4Na^3, tandis qu'il est arrêté aussitôt et racorni dans $(PO^4)^2Mg^3$.

2° *Emploi de notre solution sodique.* — L'ensemble de nos expériences ont conduit à la *solution type* précédemment formulée, et qu'il faut employer sans addition de sucre. *Il est essentiel qu'elle soit aérée, aspetique et renouvelée tous les cinq jours*, en moyenne.

Cette solution conserve dans un état parfait : sang, muscles, nerfs, organes végétaux. Un nerf gastrocnémien de lapin y a son aspect normal *depuis trois mois*. Un cœur de cobaye y a battu plus de deux heures et subsisté frais comme la chair vivante pendant un mois. De petits rameaux portant feuilles de basilic ont, voici déjà trois semaines, l'aspect de la plante en pot. Au contraire, les feuilles se sont un peu jaunies et déformées dans le Locke et le Ringer.

Conclusion. — La comparaison de notre « solution sodique » avec les « solutions physiologiques » consacre donc notre doctrine sur le rôle de la tension superficielle dans les phénomènes de coagulation. Il est nécessaire, pour conserver vivants les tissus et *les rajeunir* par la liquéfaction du protoplasma, d'empêcher que la constante capillaire soit abaissée. C'est ce que font nos sels de soude, aux concentrations sus-indiquées.

Notons que, d'ailleurs, *suc embryonnaire* et *lymphe* sont riches de ces sels et à peu près aux mêmes concentrations. Et Carrel a eu raison d'attribuer au suc d'embryon un pouvoir rajeunissant sur les tissus en « culture ». Mais cette culture suppose une *nutrition vraie*, tandis que la conservation est d'ordre physico-chimique. C'était ce que nous voulions établir par nos recherches [1].

PHYSIOLOGIE. — *Sur la toxicité des sérums normaux*. Note [2] de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

En 1889, Rummo et Bordoni ont attiré l'attention des physiologistes sur les accidents que l'on observe quand on injecte, dans la circulation du lapin, des sérums normaux d'autres espèces animales et de l'homme [3]. Dans sa Thèse inaugurale de 1893, Massiou a confirmé ces remarques et a montré que si le sérum humain peut être toxique, lorsqu'il provient de sujets en bonne santé, sa toxicité est généralement augmentée au cours de certains états pathologiques [4].

G. Hayem [5], plus récemment Kraus et Muller [6] ainsi que Markoff [7] et nombre d'autres auteurs encore ont pu faire des constatations analogues.

Nous avons repris l'étude de ce phénomène en injectant à des cobayes un grand nombre de sérums d'espèces différentes et nos expériences nous ont conduit aux constatations suivantes :

1° Injectés sous la peau à la dose de 1 ou 2^{cm^3}, tous ces sérums se sont

---

(1) Voir les *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 522, et notre livre *Organisation physiologique* (Dunod).

(2) Séance du 16 juillet 1924.

(3) Rummo et Bordoni, *Riforma Medica*, t. 5, 1889, p. 1503.

(4) A. Massiou, *De la toxicité des sérums*, Thèse de Bordeaux, 1893.

(5) G. Hayem, *C. R. Société de Biologie*, t. 46, 1894, p. 227.

(6) R. Kraus et F. Muller, *Zeitsch. f. Immunitätsfors.*, *Orig*, t. 8, 1910, p. 414.

(7) N. Markoff, *Zeitsch. f. Hygiene*, t. 72, 1912, p. 275.

montrés inoffensifs; administrés par voie intracardiaque, ceux de certaines espèces animales, telles que le bœuf, sont toujours toxiques, alors que ceux d'autres espèces et de l'homme, en particulier, sont tantôt nocifs, tantôt complètement dépourvus de toxicité.

2° La symptomatologie des accidents pathologiques semble la même quand on a affaire à une espèce, comme le bœuf, dont le sérum est toujours toxique pour le cobaye, alors que les troubles observés sont extrêmement variables lorsqu'ils sont déclenchés par le sérum humain normal qui n'est actif que dans 50 pour 100 des cas environ.

3° Les troubles déterminés par l'injection intracardiaque de ces derniers sérums sont tantôt des convulsions, des myoclonies ou une agitation extrême, des accidents cérébelleux, des contractures, tantôt des phénomènes paralytiques. On observe aussi du prurit, du hoquet, des variations plus ou moins profondes dans le rythme respiratoire avec hépatisation rouge, atélectasie ou, au contraire, dilatation alvéolaire exagérée; les fonctions glandulaires et sphinctériennes sont plus ou moins modifiées. Enfin, les effets vaso-moteurs déclenchés par les sérums frais sont souvent très intenses et s'accompagnent, la plupart du temps, de surdilatation des capillaires viscéraux entraînant des hémorragies dont les localisations varient d'un sérum à l'autre.

Tel sérum humain donnera, par exemple, d'une manière constante peu d'instant après son injection, des convulsions violentes qui se terminent par le coma et la mort en quelques minutes, tandis que tel autre ne provoquera qu'une légère agitation, puis de la parésie du train postérieur et l'on constatera, à l'autopsie, une perforation de la paroi stomacale; un troisième sérum conduira au coma précoce et persistant avec hyperthermie et hémorragie intrapéritonéale.

4° Chaque sérum conserve toujours son caractère spécifique, qui s'atténue progressivement avec le temps; tous perdent leurs propriétés nocives au bout de quelques jours. Ils deviennent aussi complètement inactifs, quand on les chauffe à 56° pendant une demi-heure.

5° Nous avons remarqué, en outre, que la nocivité des sérums humains disparaît par filtration à la bougie, que les symptômes qu'ils provoquent sont plus marqués, quand on les injecte dans le cœur gauche que dans le cœur droit et que l'injection intravasculaire préalable de sulfate de baryte, dans un état physique convenable, atténue dans une certaine mesure les accidents et peut même parfois les supprimer, quand ils sont précoces.

Une constatation singulière, tout à fait inattendue, nous a permis d'en-

trevoir la cause de cette toxicité sérique : dans le vide, tous ces sérums perdent leur toxicité au bout d'un certain temps (quelques minutes dans le cas des sérums humains et quelques heures pour le sérum de bœuf). Sous cette influence, il se produit une précipitation dans ces sérums : les floculats sériques s'agglutinent sous forme d'amas volumineux. Les flocons ainsi formés, remis en suspension temporaire, par agitation, ne sont pas nocifs.

Ces constatations nous ont amenés à supposer que l'acide carbonique pouvait jouer un rôle important dans ces phénomènes, l'action du vide se manifestent sans doute par une élimination de cette substance.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons placé nos sérums, inactivés par le vide, dans le gaz carbonique sous pression de 2 à 4^{kg}. Sous cette influence, les amas floconneux semblent se disperser, se peptoniser pour revenir à l'état initial de suspension très fine, en même temps que le sérum reprend sa toxicité primitive, laquelle disparaît à son tour de nouveau dans le vide ou par chauffage à 56°.

Une solution de chlorure de sodium à 8 pour 1000, chargée de CO^2 dans les mêmes conditions, est inoffensive.

Par traitements alternatifs, successifs, au moyen du vide et de l'acide carbonique, on peut rendre, à volonté, un sérum inactif ou toxique.

La toxicité des sérums semble liée à l'état physique des floculats qu'ils renferment, floculats dont la forme dépend elle-même d'une fixation labile d'acide carbonique sur certains groupes amidés des protéines ou sur d'autres éléments humoraux qu'il conviendra de déterminer.

Les symptômes pathologiques observés correspondent au déréglement profond du système sympatique; ils se traduisent par des perturbations fonctionnelles des appareils vaso-moteurs, glandulaires, musculaire lisse et aussi par des lésions hémorragiques qui sont la conséquence d'une vaso-dilatation excessive.

Toutes les constatations expérimentales résumées plus haut tendent à prouver que la rupture de l'équilibre organo-végétatif provoquée par les sérums toxiques est d'ordre mécanique et résulte de l'excitation des terminaisons endo vasculaires sympathiques par des floculats.

ENTOMOLOGIE. — Geomyza sabulosa *Hal.*, *microdiptère à ailes réduites; perte de la faculté du vol chez cette espèce selon le processus drosophilien.* Note (1) de M. L. MERCIER, présentée par M. E. L. Bouvier.

Le 8 juin dernier, j'ai capturé le long de la paroi de la falaise située entre Luc et Lion-sur-Mer (Calvados) trois exemplaires d'une rarissime espèce de Microdiptère : *Geomyza sabulosa* Hal. (= *saliens* Lw., = *brevipennis* Zett.) (2). Cette espèce, connue de l'Europe centrale et septentrionale, présente la curieuse particularité d'avoir des ailes considérablement réduites, atteignant à peine la moitié de la longueur de l'abdomen, et qui sont impropres au vol. Ces ailes rudimentaires servent à l'Insecte pour amplifier le court saut qu'il exécute lorsqu'on tente de le saisir. Aussi Bezzi (3), dans sa belle étude sur les Diptères à ailes réduites ou nulles, rapproche, au point de vue du vol, *G. sabulosa* d'autres espèces telles que : *Scatophila curtipennis*, *Philygria Moscaryi*, *Mutiloptera apicalis*, *Cratœrrhina pallida*, *Stenopteryx hirundinis*, etc.

Or nous avons eu l'occasion d'établir, Cuénot et moi (4), que chez *Cratœrrhina pallida* les muscles vibrateurs du vol n'existent plus.

Il était donc intéressant de rechercher s'il en est de même chez *G. sabulosa*. Contrairement à ce que l'on pouvait attendre, en raisonnant par analogie, l'étude de coupes transversales du thorax de *G. sabulosa* montre que malgré l'état de réduction des ailes les muscles vibrateurs longitudinaux et transversaux sont présents (voir la figure).

Notons cependant que chez l'exemplaire dont le thorax a été débité en coupes, chacun des muscles longitudinaux (*l*) ne comprend que cinq fibres superposées alors que chez les autres représentants de la famille que j'ai examinés on compte six fibres. Les vibrateurs transversaux sont nettement atrophiés et réduits à quelques fibres (*t*). Par contre, les muscles extrin-

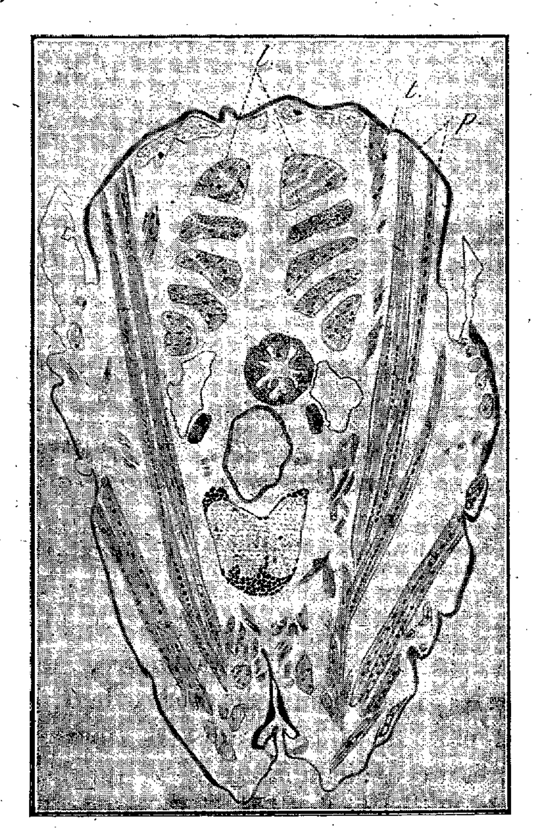
(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) CZERNY (*Bemerk. z. ten. Art. d. Gatt. Anthomyza, Wien. Ent. Z.* XXI, Heft X, 1902, p. 249), tout en déclarant ne pas avoir vu cette espèce, crut devoir la ranger dans le genre *Anthomysa*. Or d'après l'examen que nous avons fait, M. le Dr Villeneuve et moi, des exemplaires capturés, il est indiscutable que Czerny a eu tort de proposer ce changement du nom générique.

(3) BEZZI, *Riduzione e scomparsa delle ali negli Insetti Ditteri* (Pavia, 1916).

(4) L. CUÉNOT et L. MERCIER, *La perte de la faculté du vol chez les Diptères parasites* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 433).

sèques des pattes (p) sont très développés et présentent une hypertrophie comparable à celle que j'ai signalée pour la première fois chez *Apterina pedestris Meig.* (¹).



Coupe transversale du thorax de *Geomyza sabulosa*. Fixation : formol-picro-alcoolique. × 300, figure réduite d'un tiers.
l, muscles vibrateurs longitudinaux; *t*, muscles vibrateurs transversaux; *p*, muscles extrinsèques des pattes.

Il n'est pas possible, d'après l'étude anatomique de cet unique exemplaire de *G. sabulosa*, de considérer la légère réduction du nombre des fibres des vibrateurs longitudinaux comme l'indice d'une orthogénèse régressive. En effet, nous avons constaté, Cuénot et moi (²), que des *Drosophila melano-*

(¹) L. Mercier, Apterina pedestris *Meig. Les muscles du vol chez certains Diptères à ailes rudimentaires ou nulles.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 716).

(²) L. Cuénot et L. Mercier, *Les muscles du vol chez les mutants alaires des Drosophiles* (Drosophila melanogaster *Meig.*). (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1112).

gaster Meig. du type sauvage et à ailes normales présentaient une anomalie de même ordre dans la proportion de 3 sur 20. Par contre, il semble bien que les vibrateurs transversaux soient réduits à l'état d'organes rudimentaires. L'atrophie de ces muscles est vraisemblablement en rapport avec l'usage réduit que l'Insecte fait de ses ailes.

Parmi les espèces de Diptères ayant, à l'état de nature, des ailes réduites ou nulles et que j'ai étudiées jusqu'ici, *G. sabulosa* constitue une exception. En effet, *Cratœrrhina pallida*, dont les ailes bien qu'atrophiées atteignent encore sensiblement la longueur de l'abdomen, ne présente plus de muscles vibrateurs du vol, tout comme *Apterina pedestris* à ailes réduites à l'état de moignons et *Melophagus ovinus* complètement aptère. Si, chez ces trois espèces la perte de la faculté du vol a été déterminée, ainsi que nous le pensons, Cuénot et moi, par un processus ayant débuté par des variations numériques en moins dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs pour aboutir finalement à leur disparition totale, il n'en a certainement pas été de même chez *G. sabulosa*.

L'état du complexe, ailes et muscles vibrateurs, réalisé chez cette dernière espèce, ne peut s'expliquer que par ce que nous savons des mutants alaires de *Drosophila melanogaster* (types : *miniature*, *rudimentary*, *vestigial*, *no wings*). En effet, on sait que chez ces mutants les muscles vibrateurs persistent et cela quel que soit l'état d'atrophie des ailes; la perte du vol s'étant opérée par des mutations régressives primaires des ailes. Il en a été certainement de même pour *G. sabulosa*, et cette espèce réalise, à l'état de nature, un exemple de la perte de la faculté du vol selon le processus *drosophilien*.

ZOOLOGIE. — *Sur la répartition géographique des Poissons d'eau douce en Grèce.* Note de M. G. **Athanassopoulos**, présentée par M. Joubin.

En examinant la faune ichthyologique commune de la Grèce ([1]) on remarque une distribution des espèces indigènes bien nette qui peut s'expliquer par la nature géologique du pays :

La Grèce continentale (sauf Péloponèse) est divisée par des chaînes de hautes montagnes en deux parties : Celle de l'Est et celle de l'Ouest.

C'est ainsi que les vastes champs de Thessalie sont séparés d'une façon

([1]) V. Athanassopoulos, *La faune ichthyologique et la production des lacs de Macédoine, etc.* (*Soc. Centrale d'Aquiculture et de Pêche*, nos 10-12, 1923).

presque complète de ceux de l'Epire; et que ceux de Béotie et de Phthiotis sont séparés des parties montagneuses qui forment l'Etolie et l'Acarnanie avec leurs plaines restreintes.

Chacune de ces deux parties diffère de l'autre non seulement par la nature du sol, mais par bien d'autres caractères tels que le climat, les vastes plaines, la végétation et enfin la faune. La partie Ouest a le climat humide et pluvieux; par contre celui de la partie Est est beaucoup plus sec. Quant aux systèmes hydrographiques, il en existe deux bien nets : les fleuves de la partie Est sont plus longs et prennent naissance toujours dans les montagnes situées au Nord de Thessalie et de Macédoine, tels sont l'*Evros*, le *Nestos*, le *Strymon*, le *Vardar*, le *Penée* et de la section Sud de la Grèce orientale, le *Sperchios*, le seul fleuve de cette section ayant ses sources dans les montagnes de l'Acarnanie. Par contre, les fleuves de la partie Ouest sont beaucoup plus courts, à pente plus inclinée, la nature des montagnes séparant la Grèce de l'Est de ce celle de l'Ouest étant beaucoup plus abrupte du côté de l'Ouest; tels sont les fleuves le *Louros*, l'*Arachthos*, l'*Acheloos*, l'*Evinos*. Chacun de ces deux systèmes hydrauliques contient de nombreux lacs. Le premier s'étendant sur un pays beaucoup plus vaste et bien plus plane, comprend un nombre de lacs relativement bien plus grand, mais pour la plupart marécageux. L'autre, celui de l'Est, n'a que peu de lacs.

Vu cet état de choses, nous comprenons très facilement les différences du caractère de la faune des Poissons des deux parties de la Grèce. Dans les lacs et fleuves de la Grèce orientale nous avons des espèces de Cyprins, de Perches, de Silures, de Tanches, de Brochets, de Rotengles, de Gardons, d'Ablettes, c'est-à-dire des espèces plus nettement lacustres et aimant les eaux tranquilles et marécageuses.

De toutes ces espèces nous ne trouvons dans la Grèce de l'Est que les Barbeaux, les Gardons, les Silures, les Vairons, les Chevaines, formes nettement fluviales et fréquentant les eaux courantes et limpides. Et si nous nous bornons aux espèces les plus caractéristiques nous voyons que dans l'Ouest de la Grèce, il manque la Carpe, la Tanche et le Rotengle, formes classiquement lacustres et la Perche. Par contre, abonde le Barbeau, forme des plus fluviales, puis le Gardon, le Silure et en outre le Vairon, poisson des sources et des eaux courantes et limpides par excellence.

Les Anguilles se rencontrent dans les deux parties en raison de leur origine marine. L'Alose d'un lac de Macédoine communiquant avec la mer, et la Bouvière d'un autre lac aussi de Macédoine, ne sont que des cas isolés.

De même la présence de la Truite dans les eaux torrentielles de hautes montagnes, des Écrevisses dans certains cours d'eau, etc. n'ont qu'un caractère tout à fait local.

Nous pouvons donc comprendre la différence des faunes orientale et occidentale de la Grèce. La partie Ouest de la Grèce étant séparée du reste du pays par une chaîne de hautes montagnes, les espèces fluviales se propageant plus facilement ont pu seules y pénétrer. Les formes nettement lacustres se sont ainsi trouvées tout à fait incapables de suivre les autres et sont limitées dans la seule partie de l'Est, rendant ainsi la faune de cette dernière plus riche, plus abondante et d'une qualité supérieure.

Pour des raisons analogues, nous voyons que la partie orientale de la Grèce se divise aussi en deux : celle du Nord est séparée de celle du Sud par la chaîne montagneuse de Oeta et de Orthrys. Par suite nous voyons que dans la partie Sud (lac Daoucli) manque la Carpe qui n'a pas pu franchir cet obstacle relativement restreint.

La conclusion pratique de ce qui précède est la suivante :

Si le manque des espèces lacustres dans la Grèce occidentale n'est due qu'à des raisons tout à fait mécaniques et s'il ne s'agit pas d'une incapacité physique ou chimique des eaux à nourrir des poissons lacustres, il y aurait une grande chance de réussir à repeupler artificiellement les lacs occidentaux de la Grèce en poissons lacustres. Ce repeuplement pourrait être réalisé par le transport des poissons de Macédoine par voie de mer, le transport par terre, bien qu'il n'y ait qu'une petite distance à parcourir, ayant trop d'obstacles à franchir, vue la nature abrupte des chaînes montagneuses.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Bacterium tumifaciens *chez la chenille de* Galleria mellonella. Note de Mlle **Kostritsky**, Mme **Toumanoff**, M. S. **Metalnikow**, présentée par M. E. Roux.

Erwin F. Smith (1), en 1916, a découvert un microbe très intéressant qui provoque des tumeurs malignes chez les plantes (tabac, pomme de terre, tomate, pelargonium, etc.).

Ce microbe se présente comme un petit bâtonnet mobile aérobie, il

(1) Erwin F. Smith, *An introduction to bacterial diseases of plants*, 1920, p. 413.

pousse bien sur la gélose ordinaire à la température de 25-30°. En introduisant ce microbe dans les tissus d'une plante, on voit se produire une tumeur cancéreuse typique après une période d'incubation qui dure 5 à 10 jours.

Étant donné que ces microbes se développent bien à la température du laboratoire, et moins bien à 37°, nous pensions qu'il pourrait être intéressant d'étudier leur action sur des animaux à sang froid (insectes, mollusques, grenouilles, etc.).

Nos premiers essais ont porté sur les chenilles de *Galleria mellonella*.

Quoique nous n'ayions pas pu obtenir de tumeurs cancéreuses, nous avons provoqué chez les chenilles des infections curieuses.

Expérience. — 20 chenilles reçoivent 1^{cm^3},80 d'une émulsion de *Bacterium tumifaciens*.

Pour préparer les émulsions nous prenons 2-3 anses de la culture sur gélose (de 3-5 jours) et nous les délayons dans 1^{cm^3} d'eau physiologique.

10 chenilles injectées sont placées à l'étuve à 37°, 10 autres chenilles sont laissées à la température du laboratoire (20°).

2-4 jours après l'injection toutes les chenilles à la température du laboratoire sont mortes; les chenilles placées à l'étuve à 37° sont toutes vivantes, sauf une seule qui est morte 24 heures après l'injection.

L'étude du sang sur les frottis nous a donné les résultats suivants :

2 heures après l'injection, on trouve, dans le sang des chenilles laissées à la température de 20°, une grande quantité de microbes libres qui ne sont pas phagocytés. Après 4-6 heures, tous les microbes sont transformés en granules entourés d'une zone incolore ressemblant à une capsule. Il n'y a pas encore de phagocytes.

Après 20-24 heures tous les granules capsulés ont totalement disparu. Au lieu de ces derniers, on trouve dans le sang des chenilles infectées des petits bâtonnets de Tumifaciens, qui sont devenus un peu plus longs que les bâtonnets normaux. C'est certainement une race nouvelle, forme d'adaptation qui se produit chez la chenille. Les microbes de cette race ne se transforment plus en granules et se multiplient avec rapidité dans le sang des chenilles.

Cette nouvelle race, à l'inverse de la précédente, est phagocytée.

Tous les phagocytes sont bourrés de ces microbes, mais, ne pouvant pas les digérer, ils se désagrègent peu à peu. Après 48-72 heures, tout le sang est rempli de masses de microbes; cependant tous les leucocytes et les

phagocytes ont complètement disparu. L'animal meurt peu après de septicémie.

Chez les chenilles laissées à 37°, tous les microbes se sont rapidement transformés en granules, lysés et détruits à l'intérieur des phagocytes.

Nous avons aussi essayé d'infecter des chenilles avec une autre espèce de Tumifaciens (*Tumifaciens radicicola*) que M. Korenek nous a aimablement fourni. Contrairement à ce que nous avons trouvé plus haut, ce microbe est pathogène pour nos chenilles à la température de 37°. Il est moins pathogène ou presque inoffensif à la température du laboratoire. Dans ces conditions, presque toutes les chenilles restent vivantes, alors que celles qui étaient placées à la température de 37° meurent en 24-48 heures de septicémie.

Toutes nos tentatives pour provoquer des tumeurs chez les insectes n'ont pas réussi jusqu'à présent. Nous continuons nos recherches sur d'autres animaux à sang froid.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'emploi des anatoxines pour la préparation des sérums antigangreneux.* Note de MM. **M. Weinberg** et **A.-R. Prévot**, présentée par M. E. Roux.

L'un de nous a déjà démontré, à la suite des recherches de M. Ramon, que, par addition de formol, on peut atténuer et même rendre complètement inoffensives les toxines des microbes anaérobies de la gangrène gazeuse [1].

Nous avons complété ces premières données et recherché s'il était possible d'obtenir des sérums antigangreneux très actifs par l'immunisation des chevaux avec des anatoxines formolées.

A. Les toxines du *B. perfringens* et du vibrion septique, formolées à 1,5 à 3 pour 1000, perdent leur pouvoir hémolytique et leurs propriétés toxiques déjà au bout de 48 heures d'étuve à 37°. Injectées à la dose de 3^{cm^3} à 5^{cm^3} dans la cuisse du cobaye, elles ne provoquent, dans la plupart des cas, aucune réaction inflammatoire. Pour obtenir les mêmes résultats avec les toxines du *B. histolyticus* et du *B. œdematiens*, il faut prolonger leur séjour à l'étuve jusqu'à 7 et 8 jours.

---

[1] In Weinberg et Goy, *Recherches sur la toxine botulinique*, (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 90, 1924, p. 269).

B. Les anatoxines ainsi préparées ont été d'abord utilisées chez des chevaux déjà immunisés avec les toxines ordinaires. Les chevaux laissés au repos 3 semaines après la dernière saignée ont été rechargés avec 450^{cm^3} à 500^{cm^3} d'anatoxine correspondante. Tous ces animaux (chevaux anti *perfringens:* 14, 214, 215, 216, 217; anti-vibrion septique: 211, 324, 325; anti *œdematiens:* 114; anti *histolyticus*: 317, 318, 321, 322) ont très bien supporté l'injection des nouveaux produits et ont donné régulièrement des sérums thérapeutiques au moins aussi bons que ceux obtenus lors de l'emploi des toxines non formolées.

C. Depuis quelques mois, nous avons immunisé tous les chevaux neufs destinés à la préparation de nos sérums uniquement avec les anatoxines correspondantes. Le cheval 218 a reçu, à 8 jours d'intervalle, 6 injections d'anatoxine du *B. perfringens* (30, 50, 100, 200, 300 et 400^{cm^3}); le cheval 219 en a reçu, dans les mêmes conditions, 5 injections (20, 50, 100, 200 et 400^{cm^3}). Ces chevaux ont présenté, à partir de la troisième injection, une grosse réaction locale (œdème du poitrail), sans élévation marquée de température. L'œdème a disparu au bout de quelques jours. Déjà, 8 jours après la cinquième injection, le sérum de ces deux chevaux possédait des propriétés antiinfectieuses très marquées : $\frac{1}{2000}$ de centimètre cube neutralisait nettement une dose mortelle d'une culture de 24 heures, en bouillon glucosé, de *B. perfringens.*

D'aussi bons résultats ont été obtenus dans l'immunisation de chevaux avec l'anatoxine du *B. œdematiens*; les chevaux 109, 110 et 113 ont reçu successivement et à 8 jours d'intervalle, 10, 20, 50, 100, 200 et 400^{cm^3} de cette anatoxine, en injection sous-cutanée, sans présenter de réaction importante, ni locale ni générale. Les sérums prélevés 8 jours après la sixième injection titrent 2000, 4000 et 8000 unités par centimètre cube, comme les bons sérums obtenus par l'immunisation avec les toxines non formolées.

Des chevaux sont en voie d'immunisation avec les anatoxines des autres microbes de la gangrène gazeuse. Les résultats que nous avons obtenus nous permettent cependant, d'ores et déjà, d'affirmer qu'on peut remplacer avantageusement dans l'immunisation des chevaux les toxines ordinaires par des anatoxines correspondantes. Dans ces conditions, les chevaux s'immunisent beaucoup plus rapidement. L'avenir montrera s'ils peuvent servir plus longtemps que les chevaux préparés avec les toxines non formolées : ces derniers s'épuisent assez rapidement.

D. Nous avons voulu, enfin, nous rendre compte si une ou deux injec-

tions d'anatoxine peuvent protéger le cobaye contre l'infection gangreneuse.

Les cobayes injectés avec 3 ou 5^{cm^3} d'anatoxine de *B. perfringens* de V. septique ou de B. histolytique ont été inoculés au bout de 15 jours avec une dose mortelle d'une culture du microbe correspondant; ils ont tous succombé en 24 à 48 heures.

Par contre, des résultats très favorables ont été obtenus chez les animaux vaccinés par deux injections pratiquées à 8-10 jours d'intervalle. Des 16 cobayes préparés au moyen de quatre anatoxines différentes, 2 sont morts accidentellement, sans présenter de lésions. Tous les autres, éprouvés 10 jours après la deuxième injection, ont survécu.

Ces résultats nous permettent de prévoir qu'on arrivera à vacciner l'homme contre l'infection gangreneuse par l'injection d'anatoxines spécifiques [1].

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'étiologie et l'épidémiologie de la « grasserie » du Ver à soie.* Note de M. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

La grasserie est une des maladies qui fait actuellement le plus de dégâts parmi les élevages de Vers à soie; les pertes qu'elle a occasionnées cette année dépassent très sensiblement celles causées par la flacherie. Les opinions sur sa cause et sur sa propagation sont des plus contradictoires; beaucoup d'auteurs admettent qu'elle est contagieuse, mais un certain nombre d'autres lui attribuent les causes les plus diverses, en particulier, l'action des agents extérieurs. Elle est caractérisée, au point de vue anatomo-pathologique, par une altération très curieuse de la chromatine du noyau de certaines cellules, en particulier des cellules adipeuses, hypodermiques, trachéales et sanguines; cette substance se résout en un certain nombre de corps de forme polyédrique, non colorables par les colorants nucléaires; ces corps, dont l'aspect rappelle celui des cristaux, sont mis en liberté dans le sang à la suite de la destruction des cellules.

Dès 1913, nous avons montré que la grasserie était transmissible par inoculation et que le filtrage du sang infecté à travers la paroi de filtres en porcelaine, lui enlevait ses propriétés virulentes. Des constatations analo-

(1) On pourra d'ailleurs arriver aux bons résultats avec l'anatoxine iodée. Weinberg et Goy ont réussi (recherches inédites) à préparer rapidement un sérum antibotulinique en injectant aux lapins de la toxine botulinique complètement neutralisée par l'iode.

gues avaient déjà été faites au sujet d'une maladie des chenilles de *Lymantria* (*Psilura*) *monacha* L., très voisine de la grasserie. Nous avons repris cette année l'étude de cette maladie et nous croyons avoir réussi à mettre en évidence son étiologie et son épidémiologie; nous résumerons dans cette Note les principaux résultats de nos observations et expériences.

1° La grasserie est une maladie contagieuse au même titre que les maladies microbiennes ordinaires; l'inoculation, dans la cavité générale de Vers à soie de tout âge, de sang infecté, même très dilué, déclenche à coup sûr le processus pathologique qui caractérise cette maladie;

2° La maladie peut être transmise par la voie intestinale; il suffit de faire absorber une gouttelette de sang infecté à des Vers sains pour leur communiquer, le plus souvent, la grasserie;

3° L'évolution de cette maladie est relativement lente : elle est surtout fonction de la température; cette constatation a déjà été faite pour la « maladie à polyèdres » des chenilles de la « Nonne ». A 18° C. ou à température plus basse, l'évolution est très ralentie et les symptômes caractéristiques de la maladie n'apparaissent que longtemps après l'inoculation ou peuvent même faire défaut; à 28-30° au contraire, l'évolution est très accélérée : les symptômes externes, dont l'apparition précède de peu la mort, peuvent être apparents dès le quatrième jour;

4° Le sang est contagieux bien avant l'apparition des corps polyédriques dans le sang; le plasma est aussi virulent que le sang complet;

5° L'examen ultramicroscopique du sang infecté, révèle l'existence de granules très petits, invisibles à l'éclairage ordinaire et sur frottis colorés; ces granules ne peuvent être distingués des granules du sang normal que si le grossissement est suffisant. (Objectif à immersion Leitz 1/7° A; oculaire paraplanétique 25); à ce grossissement, ils apparaissent assez faiblement éclairés; ils sont animés de mouvements vibratoires à grande amplitude; l'examen ultramicroscopique ne permet pas de déterminer la nature du mouvement (mouvement propre ou mouvement brownien). Dans certaines cellules du sang en voie d'altération, on distingue nettement, autour du noyau, une zone dans laquelle des corpuscules semblables à ceux qui sont en liberté dans le sang, sont animés de mouvements rapides; si l'on examine la cellule à un grossissement plus faible, cette zone se détache assez nettement grâce au papillotement caractéristique déterminé par les particules en mouvement. A l'éclairage ordinaire, les particules intracellulaires sont invisibles. Dans les cellules du sang normal, on ne distingue aucun corpuscule à l'ultramicroscope.

Si l'on filtre sur bougie de porcelaine du sang de Ver atteint de grasserie, les corpuscules ultramicroscopiques sont retenus dans la paroi filtrante; le même sang filtré à travers plusieurs couches de papier filtre, conserve tous ses corpuscules; or on sait que le premier filtrat est dépourvu de toute virulence; le dernier au contraire, est aussi virulent que le sang non filtré. On est donc en droit d'admettre que les granules ultramicroscopiques représentent l'élément virulent capable de déclencher le processus de la grasserie. Ce virus ne cultive pas dans le sang retiré de l'organisme du Ver à soie; il parait être essentiellement intracellulaire. Il serait à rapprocher des hématozoaires des vertébrés; il ne présente rien de commun avec les granules colorables que Prowazek a décrits sous le nom de *Chlamydozoaires* et qu'il considère comme l'agent de la grasserie ou des maladies similaires.

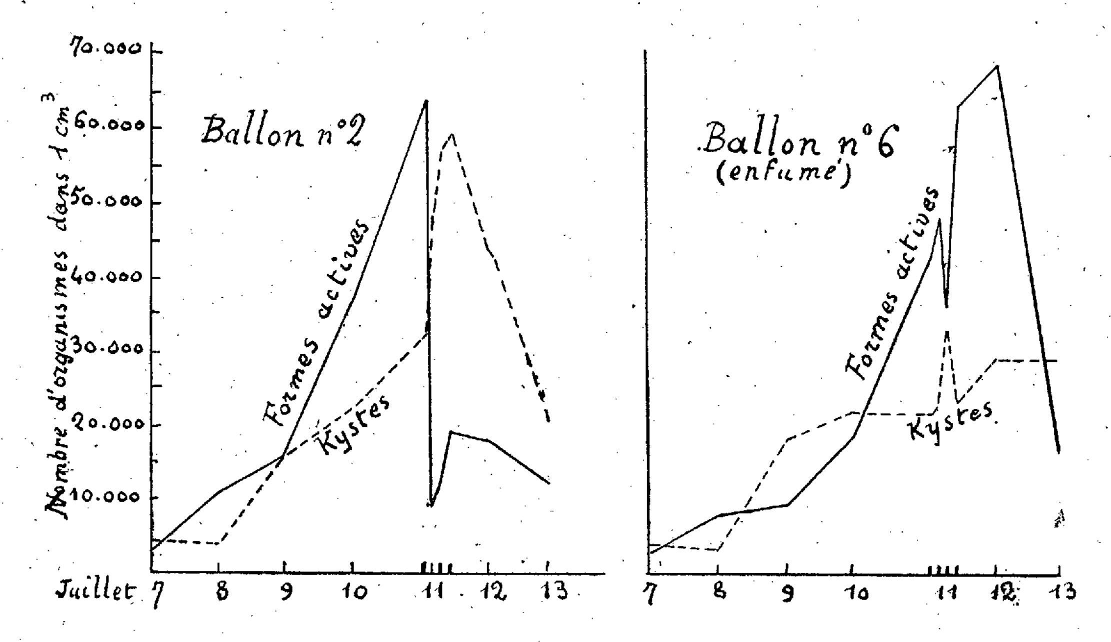
6° Le virus de la grasserie s'attaque au Ver à soie à tous ses stades de développement : chenille, chrysalide, papillon ; nous avons pu constater expérimentalement le passage effectif du virus de l'organisme du papillon infecté par inoculation, dans l'œuf. Nous croyons donc pouvoir affirmer que la grasserie se transmet d'une génération à l'autre par l'intermédiaire de l'œuf. A l'appui de cette hypothèse, on peut citer les faits d'observation suivants : des épidémies de grasserie ont éclaté cette année dans des magnaneries où l'on n'a jamais élevé de Vers à soie; par exemple, dans le palais de la Foire de Lyon, où avait été organisée une exposition de sériciculture. Dans une éducation importante de la région, où les graines mises en incubation avaient plusieurs origines différentes, on a constaté que les Vers issus d'un des lots de graines avaient été décimés par la grasserie alors que les autres avaient très peu souffert de cette maladie. On put observer dans le premier élevage, plusieurs épidémies successives, l'intervalle entre deux épidémies successives correspondant à la durée d'incubation de la maladie.

De ces observations et expériences, on peut tirer les conclusions pratiques suivantes : la grasserie étant une maladie essentiellement contagieuse, il importe de détruire aussitôt les Vers qui présentent les signes de la maladie; la surveillance doit s'exercer pendant tout le cours de l'éducation. Les mesures les plus efficaces seront celles qui auront pour but de produire de la graine saine; en l'absence d'une méthode pratique qui permette de reconnaître facilement les papillons porteurs de virus, comme on reconnaît les papillons pébrinés, on ne peut que recommander aux graineurs de n'employer pour le grainage, que les lots de cocons provenant d'éducations où il n'aura pas été observé d'épidémies de grasserie.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Influence de la lumière solaire sur le développement d'un protozoaire du sol* Colpoda cucullus. Note de M^me **Jean François-Pérey**, présentée par M. A. Th. Schlœsing.

Dans une expérience qui a porté sur 365 jours. D. W. Cutler, L. M. Crump et H. Sandon, à Rothamsted, ont constaté que les nombres de protozoaires du sol présentaient des variations saisonnières, semblables à celles qui ont été observées dans le cas des organismes aquatiques, notamment par Delf, Fritsch et Rich, West et West, Kofoid, Apstein.

On sait que les Diatomées du plankton marin ont une grande poussée d'activité entre mars et juin, ainsi qu'un second maximum plus petit en octobre. Les changements saisonniers n'ont dans ce cas aucune relation avec l'humidité, ni avec la température qui reste sensiblement constante.



De même, les protozoaires du sol présentent deux maxima, l'un au début d'avril, l'autre en novembre, celui de l'automne étant plus grand que celui du printemps. Aucun rapport n'a pu être établi par Cutler, Crump et Sandon entre ces fluctuations et les variations de la température ou les chutes de pluies. Herdman avait suggéré que les variations du plankton

pouvaient être dues à l'énergie solaire. Les faits rapportés ci-dessous semblent confirmer cette opinion.

Six ballons en quartz, de 25^{cm^3}, contenant 10^{cm^3} du milieu de Peters (phosphate d'ammoniaque 0,06 pour 100, NaCl 0,06 pour 100, KCl 0,001 pour 100, $MgSO^4$ 0,001 pour 100, $CaCl^2$ 0,002 pour 100, saccharose 0,25 pour 100; Ph : 7,2), ont été ensemencés avec un nombre connu de *Colpoda cucullus*. Cet organisme a été choisi en raison de sa taille relativement grande (environ 40^{μ}) qui facilitait les comptages à l'hématimètre. Préalablement, trois de ces six ballons avaient été très soigneusement noircis au noir de fumée.

Les six ballons ont été exposés pendant 3 heures (de midi à 15^h) au plein soleil de juillet, dans un jardin; on a maintenu alors les ballons enfumés dans un bain d'eau pour éviter qu'ils ne s'échauffent plus que les autres; des essais préliminaires avaient montré qu'ainsi la température restait, à 0°,5 près, la même dans les six ballons. Elle s'est élevée rapidement lors de l'insolation, de 23° — température de l'étuve où les cultures étaient conservées — à 30° (maximum : 30°,5).

Les organismes ont été comptés tous les matins à 10^h, sauf le jour de l'insolation, où ces comptages, faits à l'hématimètre, ont eu lieu de trois heures en trois heures.

Les nombres suivants ont été trouvés; chacun est la moyenne de 3 comptages.

Nombres de Colpoda cucullus, *formes actives* (A) *et kystes* (K), *dans* 1^{cm^3} *de culture.*

			Ballons					
			n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4 enfumé.	n° 5 enfumé.	n° 6 enfumé.
	7 juillet 10h.	A.....	2960	2960	2960	2960	2960	2960
		K.....	4220	4220	4220	4220	4220	4220
	8 juillet 10h.	A.....	10300	10400	6700	9700	7000	7700
		K.....	3000	3600	3600	2600	4300	3300
	9 juillet 10h.	A.....	14700	15300	17300	5000	10300	9300
		K.....	16600	15300	9300	11600	17300	18000
	10 juillet 10h.	A.....	35000	36300	34600	8600	23400	18250
		K.....	17300	22000	18000	20000	19600	21750
Insolation.	11 juillet midi.	A.....	51700	63300	58000	16600	43000	43000
		K.....	28600	32000	34600	18400	18600	21800
	15^h.	A.....	22750	9300	14750	19500	35500	48000
		K.....	33750	48000	45500	27500	22500	22000
	18^h.	A.....	17600	11600	17300	21000	29250	36000
		K.....	34000	56700	65000	28000	23000	32000
	21^h.	A.....	19500	19000	26000	44000	41250	63000
		K.....	51000	59000	65000	25000	23250	23000
	12 juillet 10h.	A.....	20600	17600	33700	54300	38400	68600
		K.....	49700	43400	46300	23300	31600	29000
	13 juillet 10h.	A.....	16300	12000	13600	42000	14600	16700
		K.....	43300	20600	24700	25000	34000	29000

En examinant ces chiffres et le graphique qui représente les variations du nombre des organismes dans les ballons 2 et 6, les plus caractéristiques, on remarque une diminution considérable des formes actives qui ont été insolées, avec une notable augmentation correspondante des kystes, tandis que les ballons maintenus à l'obscurité ont offert la marche du développement d'une culture normale.

Les radiations solaires ont donc eu ici une action sur *Colpoda cucullus*, dont elles ont très nettement diminué le développement. Pareille action peut vraisemblablement se faire sentir dans le sol même, où les protozoaires habitent, pour le plus grand nombre, les couches superficielles.

D'autres expériences sont en cours, en vue de préciser notamment la nature des radiations actives, l'effet de la durée d'insolation et de son intensité.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures 45.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 19 mai 1924.)

Note de M. *Octave Mengel*, Sur le rôle des Alpes et la morphologie des tempêtes de la Méditerranée occidentale :

Page 1747, ligne 24, *au lieu de* 14-19 mars 1923, *lire* 14-19 mars 1924.
Page 1748, ligne 1, *au lieu de* l'autre cyclone, *lire* l'anticyclone.

(Séance du 30 juin 1924.)

Note de MM. *Maurain*, *Eblé*, *Labrouste*, *Mouronval* et *Escher-Desrivières*, Sur la propagation des ondes sismiques au voisinage de l'origine :

Page 2263, ligne 5, après composante horizontale, *ajouter* longitudinale.

(Séance du 7 juillet 1924.)

Note de M. *H. Deslandres*, Extension à plusieurs spectres de lignes d'une propriété déjà reconnue sur plusieurs spectres de bandes :

Page 7, ligne 5, *au lieu de* et 33 avec le mercure, *lire* et 37 avec le mercure.
Page 10, ligne 6 en remontant, *au lieu de* $\lambda = 2356,5$, *lire* $\lambda = 2536,5$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juin 1924.

Le volvox, ontogénèse de la blastéa volvocéenne (1re Partie), par Charles Janet. Mâcon, Protat frères, 1923; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. L. Mangin.)

Statique et résistance des matériaux, par Paul Montel. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Gabriel Kœnigs.)

Cours d'électricité générale de l'École navale. Tome III : *Électrostatique, courants alternatifs, ondes électriques et radiotélégraphie*, par E. Haudié. Paris, Société d'éditions géographiques maritimes et coloniales, 1924; 1 vol. 25cm,5. (Transmis par M. Daniel Berthelot.)

Sylloge algarum omnium hucusque cognitarum, par J. Bapt. De Toni. Vol. IV : *Florideæ*, Sectio III : familiæ V-VI; Sectio IV : familiæ I-VII. Vol. V : *Myxophyceæ*. Patavii, 1907; 3 vol. 24cm,5.

Nel cinquantenario dell' Istituto geografico militare (1872-1922); *La cartografia ufficiale in Italia e l'Istituto geografico militare*, par Attilio Mori. Roma, Stabilimento poligrafico per l'amministrazione della guerra, 1922; 1 vol. 27cm,5.

Les gaz rares des gaz naturels, par Charles Moureu. Bungay, Richard Clay and sons, 1923; 1 fasc. 22cm.

Note sur les condenseurs par surface, par A. Ginabat. Paris, Chaix, 1923; 1 fasc. 24cm.

Variations périodiques des glaciers des Alpes suisses (1910-1922), par P.-L. Mercanton, F.-A. Forel, E. Muret. Berne, Stæmpfli et Cie, 1911; 1 vol. 26cm. (Présenté par M. P. Termier.)

Records of the Survey of India, vol. VII : *Memoir on Maps of Chinese Turkistan and Kansu from the Surveys made during sir Aurel Stein's Explorations* 1900-1901, 1906-1908, 1913-1915, by Aurel Stein. Dehra Dun (India), Trigonometrical survey office, 1924; 1 vol. 34cm.

Blood as a Physicochemical System, par L. J. HENDERSON, A. V. BOCK, H. FIELD et J. L. STODDARD. (Extrait du *Journal of biological chemistry*). États-Unis, 1924.

Bulletin du service géologique de l'Indochine. Vol. XII, fasc. I : *Notes sur le préhistorique indochinois*. I. *Résultats des fouilles de la grotte sépulcrale néolithique de Minh Cam (Annam)*; II : *Note sur un outil en rhyolite grossièrement taillé provenant du massif du Bac Son (Tonkin)*, par ÉTIENNE PATTE. Hanoï, Haïphong, imprimerie d'Extrême-Orient, 1923; 1 vol. 28cm.

Le bismuth dans le traitement de la syphilis, par C. LEVADITI. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 23cm,5. (Présenté par M. E. Roux.)

Procès-verbal de l'assemblée générale constitutive (Paris, décembre 1923), *de l'Union internationale de physique pure et appliquée*.

Œuvres de G.-H. Halphen, publiées par les soins de C. JORDAN, H. POINCARÉ, ÉM. PICARD, avec la collaboration de E. VESSIOT. (Tome IV). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 25cm,5.

Buffon et la description de la nature, par LOUIS ROULE. Paris, Ernest Flammarion, 1924; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. L. Mangin.)

Précis de physique d'après les théories modernes, par A. BOUTARIC. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 19cm,5. (Présenté par M. Daniel Berthelot.)

Observatoire Jarry-Desloges, Sétif. *Observations des surfaces planétaires. Mars, Saturne, la Lune, Vénus, Mercure, Jupiter, Ganymède, Uranus*. Fasc. VI. Abbeville, F. Paillart, 1923; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

L'industrie des pêches au Maroc; son état actuel; son avenir, par A. GRUVEL. Rabat, Institut scientifique chérifien, et Paris, Émile Larose, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. L. Joubin.)

Académie des sciences coloniales; Comptes rendus des séances; communications. Tome I. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1924; 1 vol. 29cm. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Œuvres de PASTEUR, réunies par PASTEUR-VALLERY-RADOT. Tome III : *Études sur le vinaigre et sur le vin*. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 28cm. (Présenté par M. É. Roux.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Carracido**, président de l'Académie des Sciences de Madrid, professeur de Chimie biologique et recteur de la Faculté des Sciences de Madrid, qui assiste à la séance.

M. **A. Lacroix** fait hommage du *Discours* qu'il a prononcé à la séance de clôture du *Congrès des Sociétés savantes*, le samedi 26 avril 1924, à Dijon.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques du soufre et de ses composés : généralisation du phénomène* (X). Note [1] de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**.

Dans une Note récente Moureu et Dufraisse ont annoncé que, conformément aux prévisions suggérées par la théorie qu'ils ont conçue, le soufre et ses composés jouissaient de propriétés catalytiques remarquables dans les réactions d'autoxydation. Nous présenterons ici un grand nombre d'expériences très variées, qui établiront le caractère général du phénomène.

Nous avons étudié les corps autoxydables suivants : aldéhyde benzoïque, acroléine, styrolène, essence de térébenthine, huile de lin, sulfite de sodium.

Voici, d'autre part, les catalyseurs mis en œuvre : soufre, sesquisulfure de phosphore P^4S^3; sulfures d'arsenic, d'antimoine, de bismuth, d'étain (SSn), de sodium (SNa^2), d'argent, de zinc, de cadmium, de fer, de manganèse (vert, rose desséché et rose non desséché), de nickel, de

---

(1) Séance du 21 juillet 1924.

cobalt, de plomb, de cuivre, de mercure; hydrosulfite, hyposulfite, sulfite et bisulfite de sodium (sol. com.); éthylmercaptan, thiophénol, monothiohydroquinone et éther carboxéthylé correspondant; sulfures de méthyle, d'éthyle, d'allyle, de phényle; thiodiglycol; disulfures de diméthyle $[(CH^3)^2S^2]$, de diéthyle, de diéthylène, de diphényle; éthylthiocarbonates de potassium $[OC(SK)(OC^2H^5)]$, d'éthyle; méthylxanthogénates de sodium $[SC(SNa)OCH^3)]$, de méthyle; éthylxanthogénates de potassium, de sodium; dixanthogène éthylique $[SC(OC^2H^5)S-]^2$, sulfure de carbone; sénévols méthylique, éthylique, allylique, phénylique; sulfocyanures de potassium, d'ammonium, de guanidine, de méthyle, d'éthyle; disulfocyanure d'éthylène; méthylxanthogénamide $SC(NH^2)(OCH^3)]$, éthylxanthogénamide, éthylxanthogénanilide$(-NHC^6H^5)$; thiourée, thiosinnamine, diphénylthiourée sym.; acides thioglycolique $(CH^2SH - CO^2H)$, thiolactique, thiohydracrylique; acides thiodilactique $S(CH=)^2$, thiodihydracrylique; acides dithiodiglycolique $S^2(CH^2-)^2$, dithiodilactique, dithiodihydracrylique; acides éthylxanthogénatoacétique $SC(OC^2H^5)S - CH^2 - CO^2H$, éthylxanthogénatopropionique-α, éthylxanthogénatopropionique-β. Ces 71 corps ont été étudiés à la dose de $\frac{1}{100}$; dans quelques cas on a expérimenté à des doses moindres (1).

Nous nous bornerons à relater ici les essais les plus instructifs.

Aldéhyde benzoïque. — C'est avec ce corps que nous avons fait les essais les plus nombreux, son cas étant le plus simple (le soufre a été étudié déjà par Moureu et Dufraisse jusqu'à la dose du cent-millième).

D'une manière générale, une action catalytique nette (positive ou négative) a été constatée, et elle était, dans presque tous les cas, négative.

a. Comme catalyseur positif particulièrement actif, nous citerons le sulfure de manganèse (vert et rose desséché). Il accélère tellement l'autoxydation que l'absorption de l'oxygène se fait à la vitesse même de dissolution du gaz; aussi le liquide s'échauffe-t-il si l'on agite; l'accélération est trop élevée pour que nous puissions la mesurer par notre technique habituelle. Cette expérience, très frappante, est à rapprocher des classiques recherches de Gabriel Bertrand sur les oxydases, dont les actions sont liées à la présence nécessaire du manganèse. Fait curieux, le sulfure de fer, pourtant très voisin du sulfure de manganèse, s'est montré antioxygène. La même

(1) Des expériences sur d'autres catalyseurs sont en cours. Nous nous proposons d'étudier spécialement quelques composés sulfurés d'une grande importance en biologie : cystine, cystéine, glutathion, etc.

observation s'applique à deux sulfures encore plus voisins : le sulfure de cobalt, accélérateur (moins actif toutefois que le sulfure de manganèse) de l'autoxydation, et le sulfure de nickel, ralentisseur. Il n'apparaît pas qu'il s'agisse ici d'une propriété spécifique de l'ion métallique qui produirait l'une ou l'autre des deux actions inverses; nous avons observé, en effet, que vis-à-vis de la même aldéhyde benzoïque le chlorure de nickel est accélérateur, tandis que l'iodure est ralentisseur. Nous pouvons ajouter que, pareillement, nous avons encore trouvé, vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, le chlorure de manganèse accélérateur et l'iodure ralentisseur. Chose encore plus curieuse, le sulfure de manganèse lui-même s'est montré antioxygène lorsque nous l'avons employé sous la forme rose avant la dessiccation, et l'on verra d'ailleurs plus loin (styrolène) que le sulfure vert peut être, lui aussi, antioxygène. Il suit de là que le manganèse n'apporte pas nécessairement avec lui la propriété pro-oxygène. On doit considérer, en définitive, l'action globale de la molécule, où le rôle principal appartiendrait au soufre; l'action du métalloïde serait plus ou moins modifiée, ou même orientée, par le métal auquel il est combiné, suivant la nature de ce métal. L'état physique du sulfure doit aussi avoir un rôle très important.

Mentionnons encore, comme catalyseurs positifs (faibles), le sulfure de carbone, le sulfure de sodium et l'éthylthiocarbonate d'éthyle.

b. Parmi les catalyseurs négatifs (antioxygènes) les plus actifs nous citerons, par ordre d'activité décroissante : l'éthylxanthogénanilide, qui est aussi active que le soufre et l'hydroquinone; le sesquisulfure de phosphore, le thiophénol, la méthylxanthogénamide, le disulfure de diphényle, l'éthylxanthogénate de potassium, la diphénylthiourée, l'éthylxanthogénamide, les méthyl- et éthylxanthogénates de sodium. Ces divers corps se sont montrés encore actifs à la dose du dix-millième. Notons spécialement le cas du sesquisulfure de phosphore, qui se comporte comme un antioxygène très actif; or, ce corps, *exclusivement constitué par deux éléments très avides d'oxygène* (surtout le phosphore), est lui-même très oxydable (autoxydation à la température ordinaire, phosphorescence et même inflammation spontanée à température peu élevée), cette oxydabilité étant d'ailleurs telle qu'elle sert de base à une importante industrie (allumettes).

Les sulfures minéraux autres que les sulfures de manganèse, de cobalt et de sodium (lesquels, comme nous l'avons dit plus haut, se sont montrés catalyseurs positifs), sont des antioxygènes assez actifs, sauf ceux de zinc et de mercure (peu actifs) et surtout d'argent (presque inactif).

Les corps suivants, moins actifs que la plupart des précédents, le sont

encore nettement à la dose du centième : thiourée, thiosinnamine; acides thiolactique et thiohydracrylique (l'acide thioglycolique est beaucoup moins actif); éthyldixanthogène, sulfures de méthyle et d'éthyle, disulfures de diméthyle et de diéthyle, éthylmercaptan, monothiohydroquinone et son éther carboxéthylé ; thiodiglycol ; méthylxanthogénate de méthyle (dont les propriétés antioxygènes ont été entrevues par Delépine, qui considérait que ce corps et ses analogues étaient leurs propres antioxygènes); sulfure de phényle, disulfocyanure d'éthylène, sulfocyanures de potassium, d'ammonium, de guanidine; sulfite de sodium, bisulfite de sodium.

Enfin, comme antioxygènes encore moins actifs, nous citerons les sénévols et le sulfocyanure de méthyle.

c. D'après ces résultats, il paraît difficile de formuler une règle concernant l'action des groupements dans la molécule des catalyseurs. Quelques remarques peuvent cependant être faites.

On voit tout d'abord que le radical phényle paraît exalter, en général, la propriété antioxygène : le phénylmercaptan (thiophénol), par exemple, est beaucoup plus actif que l'éthylmercaptan; pareillement, le disulfure de diphényle est plus actif que les disulfures de diméthyle et de diéthyle, et l'éthylxanthogénanilide est plus active que l'éthylxanthogénamide. Notons que, dans la série parallèle des composée oxygénés, les phénols sont de même beaucoup plus actifs que les alcools. Toutefois, dans les sénévols et le sulfure de phényle, le groupement phényle n'a pas d'action exaltante.

On constate que les sels alcalins et les amides des acides xanthogéniques sont très actifs ; par contre, l'éthérification diminue l'activité. Alors que l'éthylxanthogénanilide est un puissant antioxygène, le phénylsénévol, qui cependant porte le même résidu $S = C =$ lié à l'azote, est à peine actif.

Acroléine. — Les corps suivants sont inactifs ou presque inactifs : soufre, sesquisulfure de phosphore (accélérateur très faible); sulfures d'antimoine, de bismuth, de manganèse; xanthogénates alcalins, éthylthiocarbonate de potassium (ralentisseurs faibles); disulfure de diphényle. Il est curieux de constater que le soufre, le sesquisulfure de phosphore et le sulfure de manganèse sont ici presque inactifs, alors que vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque ils comptaient parmi les plus actifs : les deux premiers comme antioxygènes et le troisième comme pro-oxygène.

La méthyl- et l'éthylxanthogénamide ont empêché toute oxydation pendant plusieurs semaines; on a observé ensuite une très faible absorption d'oxygène. L'éthylxanthogénanilide et la diphénylthiourée sont aussi très actives. Les acides thiolactique et thioglycolique ont empêché

l'oxydation respectivement pendant 15 et 10 jours, après quoi il y a eu oxydation très brusque. Avec le thiophénol, aucune oxydation pendant les deux premiers jours, après lesquels, pendant neuf jours, l'absorption du gaz s'est faite progressivement.

Voici maintenant quelques rapprochements curieux. Alors que l'éthylmercaptan exerce une action antioxygène remarquable (pas d'oxydation appréciable en 24 jours, après lesquels des phénomènes secondaires ont troublé l'expérience), le sulfure d'éthyle est un catalyseur positif (coeff. d'accél. 3); à noter que l'apparition du disacryle est fortement avancée, alors que d'ordinaire, même en présence de catalyseurs positifs, il n'apparaît que lorsqu'il n'y a plus d'oxygène. Le disulfure de diéthyle est un antioxygène très actif (moins cependant que le mercaptan correspondant). Des observations semblables ont été faites pour le sulfure de méthyle (accélérateur) et le disulfure de diméthyle (antioxygène). Avec le disulfure de diéthylène, action antioxygène pendant dix heures, puis accélération de l'oxydation.

Styrolène. — Le soufre, qui était un antioxygène extrêmement actif vis-à-vis de la benzaldéhyde, ainsi que les sulfures de méthyle et d'éthyle, qui étaient également des catalyseurs négatifs vis-à-vis du même corps, se montrent ici sensiblement inactifs.

Les corps suivants sont des catalyseurs positifs très actifs : sesquisulfure de phosphore (coeff. d'accél. 70); thiophénol (60); éthylmercaptan (10). Le sulfure d'antimoine a été trouvé notablement moins actif (coeff. 2).

Voici quelques antioxygènes, par ordre d'activité décroissante : éthylxanthogénamide (coeff. de ralent. 20); éthylxanthogénate de potassium, disulfure de diéthylène, éthylxanthogénate de sodium; sulfure de manganèse vert (inact. 15 jours, puis coeff. de ralent. 2); sulfure de bismuth.

Essence de térébenthine. — Le soufre, les sulfures d'antimoine et de bismuth se sont montrés sensiblement inactifs. Le thiophénol et le sulfure de manganèse vert sont accélérateurs (coeff. 4). Les corps suivants sont antioxygènes : éthylxanthogénamide (coeff. 15), éthylxanthogénates de potassium et de sodium (coeff. 2), disulfure de diéthylène (coeff. 1,5).

Avec P^4S^3 on a d'abord observé une période d'accélération avec coefficient allant en décroissant depuis 10 (début) jusqu'à 1 (au bout d'une semaine), puis une période d'action antioxygène, avec coefficient de ralentissement allant en croissant jusqu'à la valeur de 18 (dans le second mois).

Huile de lin. — Nous avons trouvé l'éthylxanthogénate de potassium et le sulfure de bismuth sensiblement inactifs. Le sulfure de manganèse

vert est fortement accélérateur (coeff. 20). Le sesquisulfure de phosphore favorise également l'oxydation. L'éthylxanthogénamide est antioxygène (coeff. 1,5), le soufre et le sulfure d'antimoine le sont à peine.

Avec le thiophénol, on observe d'abord une phase d'accélération (coeff. 3, au début), à laquelle succède (au bout d'un mois) une phase de ralentissement (coeff. 4 au bout du second mois). De même, avec le disulfure de diéthylène, d'abord une phase d'accélération (coeff. 3), puis, au bout d'un mois, de ralentissement (faible).

Sulfite de sodium. — On a employé le sel commercial sous deux formes :

1° *Solution aqueuse à $\frac{1}{10}$ (alcal. calc. en carbonate :* 0,16 pour 100). — Nous avons trouvé, comme corps antioxygènes, par ordre d'activité décroissante : thiophénol (coeff. de ralent. 20 ; après 15 jours l'activité a disparu ; le produit s'est transformé, et l'on a pu y caractériser des cristaux de disulfure de diphényle) ; méthylxanthogénate de sodium (10) ; éthylxanthogénates de potassium et de sodium (10) ; soufre (après incubation) ; sulfure de sodium, sesquisulfure de phosphore, disulfure de diéthylène, hyposulfite de sodium, éthylxanthogénamide, sulfure de manganèse vert, sulfure d'antimoine, thiourée.

L'hydrosulfite de sodium s'est montré catalyseur positif (coeff. d'accél. 3), et aussi, à un moindre degré, le sulfure de cuivre (après une incubation de 8 heures), les sulfocyanures d'ammonium et de potassium, le sulfure de manganèse rose (sec et humide).

2° *Solution aqueuse à $\frac{1}{10}$ neutralisée par l'acide sulfurique (à la phtaléine).* — Les corps suivants sont antioxygènes : méthylxanthogénate de sodium (coeff. 30), sulfure de sodium, thiophénol, hyposulfite de sodium, thiourée éthylxanthogénates de potassium et de sodium (1,5).

Nous avons trouvé, comme catalyseurs positifs : sulfure de bismuth et d'antimoine (coeff. 2), hydrosulfite (coeff. 2, après quelques heures d'incubation), sulfocyanure d'ammonium, sulfures de manganèse vert et rose sec, soufre, sulfocyanure de potassium, éthylxanthogénamide, sulfure de manganèse rose humide, disulfure de diéthylène (à peine actif).

Remarques. — Il est curieux de voir des actions aussi nettes, positives ou négatives, produites sur l'oxydation du sulfite de sodium, *par des corps qui ne diffèrent de cette substance que par leur degré même d'oxydation :* sulfure, hyposulfite, hydrosulfite de sodium.

Le passage de la solution alcaline à la solution neutralisée a entraîné l'inversion de l'action catalytique pour les sulfures d'antimoine et de manganèse vert, le soufre, l'éthylxanthogénamide, le disulfure de diéthylène,

qui de négatifs sont devenus positifs. Presque inactif sur la solution alcaline, le sulfure de bismuth est un catalyseur positif assez fort vis-à-vis de la solution neutralisée.

Observations générales. — Comme on peut s'en rendre compte, les résultats que nous venons de présenter sont notablement plus complexes que ceux que nous avons antérieurement obtenus en étudiant les autres catégories de catalyseurs : les phénols et les composés iodés. Dans le cas des phénols, l'action antioxygène était à peu près générale et l'action prooxygène très exceptionnelle. Avec les corps iodés, il y avait déjà moins de simplicité, et nombreux étaient les cas de catalyse positive : cependant, nous avions cru apercevoir les rudiments de quelques règles pour la prévision du sens de la catalyse. Ici, nous n'en voyons point apparaître qui soit simple et suffisamment générale.

Il est à remarquer que cette plus ou moins grande complexité est en relation avec la complexité même des liaisons atomiques du groupement actif de la molécule du catalyseur : chez les phénols, le groupement actif, l'oxhydryle ne peut évidemment être lié au résidu aromatique que suivant un mode unique (Ar — OH). Dans le cas de l'iode, bien qu'il soit lui-même monovalent (le plus souvent) comme l'oxhydryle, nous avons trouvé plusieurs sortes bien distinctes de catalyseurs : molécules dont l'iode était sous forme ionisable, d'autres où plusieurs atomes d'iode étaient fixés sur le même atome de carbone, etc. Avec le soufre, outre les formes ionisables et la fixation de plusieurs atomes sur le même carbone, comme dans le cas précédent, nous avons des modes de liaison qui, en raison de l'habituelle bivalence du métalloïde, peuvent être beaucoup plus divers : union avec un seul atome de carbone, ou avec deux, ou avec un atome de carbone et un autre élément, etc.

Nous ne devons donc pas être surpris de la complexité croissante des résultats que nous observons. Une telle variété ne pourra d'ailleurs que nous ouvrir des vues nouvelles sur la nature intime de tous ces phénomènes.

IMMUNOLOGIE. — *Les théories actuelles de l'anaphylaxie.* Note de M. J. Bordet.

La théorie cellulaire de l'anaphylaxie, d'après laquelle l'union de l'anticorps et de l'antigène ne développe le choc qu'à la condition de s'accomplir dans l'intimité des cellules, invoque on le sait deux arguments principaux :

1° la musculature lisse d'organes provenant d'animaux sensibilisés vis-à-vis d'un antigène donné, se contracte *in vitro* lorsqu'on la met en présence de cet antigène; 2° pour divers antigènes (tels les sérums d'espèces différentes), l'anaphylaxie passive (chez le cobaye) n'apparaît qu'après un certain délai; plusieurs expériences semblent montrer que l'anticorps introduit doit, pour provoquer le choc lorsqu'on injecte l'antigène, avoir été absorbé tout d'abord par les cellules. Toutefois, la théorie humorale reste debout, car chez certains animaux (chien) l'anaphylaxie passive s'établit sans retard, et, d'autre part, même pour ce qui concerne le cobaye, il est des antigènes (globules rouges étrangers) vis-à-vis desquels l'immunsérum confère intantanément la sensibilité spécifique; dans de tels cas, l'agent immédiat du choc (anaphylatoxine apparaît sûrement dans le sang. La production *in vitro* d'anaphylatoxine, c'est-à-dire la toxification du sérum soit par contact avec des complexes anticorps-antigène tels les globules sensibilisés ou les précipités spécifiques (expériences de Friedemann et de Friedberger), soit, comme je l'ai montré en 1913, sous l'influence d'une trace de gélose, représente en faveur de la théorie humorale un élément essentiel du problème de l'anaphylaxie.

Cette dernière anaphylatoxine, obtenue par mélange de sérum de cobaye à un cinquième de son volume de suspension à 0,25 ou 0,50 pour 100 de gélose (dissoute à chaud puis refroidie) et dont la production résulte d'un phénomène d'adsorption sans intervention d'anticorps ou d'antigène, est intéressante, puisqu'elle justifie la conception d'après laquelle l'agent immédiat du choc provient, au moins pour une bonne part, de matériaux appartenant au sérum lui-même. Il convient donc d'en poursuivre l'étude et notamment de confirmer la notion qu'elle s'identifie par ses propriétés aux anaphylatoxines de Friedemann et de Friedberger issues de la réaction des complexes anticorps-antigène avec le sérum. J'ai signalé qu'elle provoque les mêmes symptômes; elle détermine un choc mortel typique avec inflation pulmonaire, congestion du foie, etc. Dale et Kellaway ont vu qu'elle provoque *in vitro* la contraction du tissu utérin. On savait que les précipités spécifiques ou les globules sensibilisés toxifient le sérum frais de cobaye, mais non le sérum chauffé à 56°; j'ai montré que la gélose se comporte de même. D'autre part, lorsque ces diverses anaphylatoxines ont pu se produire grâce à la présence de sérum frais, elles offrent toutes le caractère de n'être détruites que vers 65°.

Friedberger et Hartoch ont observé en 1909 que l'injection intraveineuse d'une dose assez forte de sel marin confère aux animaux sensibilisés une

protection peu durable mais nette contre les effets de l'injection dechaînante d'antigène. Richet, Brodin et Saint-Girons qui ont confirmé ce fait, ont vu qu'au contraire, l'injection d'eau distillée rend les animaux plus sensibles. Ritz a constaté qu'une injection préalable de sel marin protège aussi l'animal neuf contre le sérum toxifié par contact avec le prodigiosus. Il y avait lieu dans ces conditions de rechercher si le sel marin, ajouté à une anaphylatoxine typique, en supprime le pouvoir nocif. L'expérience m'a répondu affirmativement. Les globules rouges lavés de 3^{cm^3} de sang de lapin sont mélangés à 5^{cm^3} de sérum chauffé à 56° de cobaye immunisé, contre ce sang, puis centrifugés. On délaie le culot d'hématies dans 12^{cm^3} de sérum frais de cobaye, et l'on porte à l'étuve : hémolyse rapide. Deux heures plus tard, on centrifuge énergiquement. Le liquide surnageant débarrassé des stromas, injecté dans les veines à dose de 5^{cm^3}, tue par choc typique en quelques minutes un cobaye de 280^g. Mais si à cette même dose on ajoute $0^g,15$ de sel marin et si l'on injecte aussitôt après dissolution, on n'observe pas de choc. On constate une prostration profonde et immédiate, due au sel, mais qui se dissipe en quelques instants ; l'animal se rétablit complètement sans présenter d'autre accident. L'autopsie démontre d'ailleurs que les lésions du choc, notamment la conjestion du foie et l'inflation pulmonaire, très prononcées chez le premier animal, manquent chez le second (sauf parfois quelques légères ecchymoses pulmonaires). Or, la protection surprenante conférée par le sel est aussi nette lorsqu'on emploie l'anaphylatoxine obtenue au moyen de gélose (¹). La baisse de concentration saline aggrave au contraire les effets de l'anaphylatoxine. La dose de 2^{cm^3}, normalement inframortelle, détermine des accidents très graves et même mortels lorsqu'on l'allonge de 3^{cm^3} d'eau distillée ; on n'observe pas cet effet si l'on dilue par 3^{cm^3} de solution physiologique à 0,75 pour 100; bien entendu, même volume d'eau distillée injecté seul ou en mélange avec 2^{cm^3} de sérum intact de cobaye, ne donne pas d'accidents.

Lorsqu'on étudie le comportement, vis-à-vis des protéines du sérum, d'une part de la gélose, d'autre part des complexes anticorps-antigène, on découvre certaines analogies. Diluons du sérum frais de cobaye dans 20 volumes d'eau distillée, et faisons passer assez longtemps un courant de gaz carbonique ; un trouble épais de globulines apparaît, mais une fraction de celles-ci se redissout grâce à l'excès de CO^2. Après centrifugation,

(¹) Par contre, le sel ne semble pas protéger visiblement contre l'injection de peptone.

décantons le liquide surnageant limpide ([1]). Ajoutons-y une trace de suspension de précipité spécifique (obtenu par exemple en mélangeant du sérum de chien et du sérum de lapin immunisé contre le sérum de chien, le floculat étant lavé ensuite) qui par elle-même ne communiquerait au liquide qu'une faible opalescence. Un trouble très prononcé apparaît, dû à l'absorption des protéines dissoutes par le précipité. Or, on obtient exactement le même résultat si, au lieu de précipité spécifique, on ajoute au liquide un peu de gélose.

Il serait fort désirable de pouvoir extraire l'anaphylatoxine. Novy et de Kruif, opérant sur du sérum toxifié par la gélose, admettent que le principe actif accompagne les précipités de globulines. Ayant tenté plusieurs essais dans ce sens, j'ai l'impression que les résultats ne sont pas à l'abri de toute erreur. En effet les globulines peuvent causer des accidents même lorsqu'elles proviennent de sérum normal qui n'a point subi le contact de la gélose. Diluons 5^{cm^3} de sérum frais de cobaye dans 100^{cm^3} d'eau distillée, faisons barboter CO^2, centrifugeons, redissolvons le sédiment de globulines dans 5^{cm^3} de solution physiologique ou de Ringer. Ces protéines, bien que replacées de la sorte en milieu isotonique, ne sont plus identiques à ce qu'elles étaient dans le sérum initial; on sait qu'elles sont devenues plus instables et notamment se troublent en présence de CO^2. Ce gaz ayant agi, on centrifuge après avoir maintenu quelques heures en tube ouvert; on décante le liquide surnageant qui offre une légère opalescence bleuâtre et qui, injecté dans la veine d'un cobaye d'environ 300^g, provoque non point les symptômes du choc, mais une torpeur profonde; il y a de la résolution musculaire, les yeux se ferment, le ventre est ballonné, la respiration se fait rare; en général l'animal meurt au bout de quelque temps. Les globulines de sérum pur étant déjà toxiques, il est difficile de préciser la part qui revient à une fixation éventuelle d'anaphylatoxine lorsqu'on étudie les globulines de sérum gélosé. En l'absence de données décisives, comment se représenter le déterminisme du choc et expliquer la toxification du sérum.

Divers savants, Schmidt, Dold, Kopaczewski, ont songé à une floculation des colloïdes du plasma; ils voient dans ce phénomène un facteur essentiel du choc, les particules résultant de cette condensation étant susceptibles de s'amonceler dans les capillaires et de les obstruer. D'après Lumière et Couturier, ces particules bombarderaient les endothéliums et les accidents

([1]) Exposé à l'air, ce liquide se troublerait par départ de CO^2 dont l'excès avait solubilisé les globulines.

du choc seraient assimilables à ceux que détermine l'injection intraveineuse de poudres fines, sulfate de baryte par exemple. Cette théorie mécanique du choc prête à objections. Certes, la préparation des anaphylatoxines de Friedberger et de Friedemann comporte l'intervention de floculats ou de particules (précipités spécifiques ou globules rouges sensibilisés bientôt réduits à leurs stromas); mais ce qui est dangereux, ce ne sont point ces particules elles-mêmes, c'est le résultat de leur contact avec le sérum frais : on a beau les éliminer par centrifugation, le liquide surnageant limpide est toxique. A l'appui de leur thèse, les partisans de la théorie de la floculation ont rappelé un fait que j'avais signalé sans oser en faire dépendre le déterminisme du choc, à savoir que l'addition de gélose au sérum frais y fait apparaître un trouble très net; ils admettent que cette floculation explique la toxicité. Telle n'est pas mon opinion. Signalons tout d'abord que le trouble est beaucoup plus prononcé si l'on a fait agir CO^2. Préparons de l'anaphylatoxine par mélange de 1 volume de gélose à 0,5 pour 100 et de 5 volumes de sérum frais de cobaye. Après deux heures de contact à l'étuve, centrifugeons énergiquement pour éliminer la gélose. Dans le liquide surnageant limpide décanté, faisons barboter CO^2; un trouble très intense apparaît (¹); centrifugeons en tube bouché. Injecté au cobaye, le trouble sédimenté est inoffensif (²), tandis que le liquide surnageant, très limpide et qui ne se trouble plus du tout par CO^2, manifeste la toxicité habituelle. D'autre part, du sérum frais traité tout d'abord par du phosphate tricalcique en suspension épaisse qu'on élimine ensuite par centrifugation, ne se trouble pas par CO^2 après addition de gélose : le phosphate a adsorbé les protéines aptes à constituer avec la gélose un complexe floculable. Et pourtant on obtient de la sorte une anaphylatoxine très active. Notons en passant que le phosphate n'absorbe pas sensiblement l'alexine.

A l'inverse de la gélose, le phosphate tricalcique et le sulfate de baryte ne toxifient pas le sérum. Les accidents du choc anaphylactiques ne sont pas identiques à ceux que provoque l'injection de précipités minéraux, lesquels, comme Thiele et Embleton l'ont signalé, déterminent des coagulations intravasculaires.

L'hypothèse a été émise, notamment par Doerr, que le principe toxique

---

(¹) Le barbotage de CO^2 trouble le sérum pur, mais très faiblement; cette légère opalescence disparaît à l'air par élimination de CO^2; le trouble beaucoup plus marqué que CO^2 produit dans le sérum traité par la gélose s'efface aussi par départ de CO^2.

(²) Ce trouble contient des traces de gélose reconnaissable à ce que le bleu de toluidine la colore en rouge.

préexisterait dans le sérum frais, mais y serait normalement contre-balancé par une matière antagoniste susceptible d'être adsorbée. La gélose en effectuant cette adsorption démasquerait de la sorte le principe en question : ainsi le sérum deviendrait anaphylatoxique. L'idée est séduisante, mais elle se heurte à des difficultés. Lorsque, grâce à la gélose, l'anaphylatoxine a pu se produire aux dépens de sérum frais, elle résiste au chauffage à 55°-60°; d'autre part, le sérum pur porté à cette température ne devient pas toxique. Il faudrait donc admettre que la matière antagoniste et le principe toxique, qui tous deux préexistent, résistent tous deux au chauffage. Mais s'il en est ainsi, pourquoi la matière antagoniste, présente encore dans le sérum chauffé, n'y est-elle plus absorbable par la gélose? Pourquoi, en d'autres termes, la gélose ne toxifie-t-elle pas le sérum chauffé? Le kaolin mélangé à l'anaphylatoxine la rend inoffensive, il adsorbe le principe toxique. Mais il n'enlève pas au sérum pur l'aptitude à fournir l'anaphylatoxine. En effet, comme Jaumain l'a constaté dans notre laboratoire, le sérum frais traité par le kaolin, que l'on sépare ensuite, se toxifie par la gélose. Si l'on rapproche ces faits, on ne peut pas croire que le principe toxique préexistait dans le sérum, on doit admettre qu'il naît dans ce liquide lorsqu'on ajoute la gélose. La toxicité n'est certes pas due à la gélose qui, échappant à la centrifugation, se serait maintenue sous son état primitif. Il ne peut en rester que des traces. Car la centrifugation du mélange sérum-gélose fournit un culot qui, par sa viscosité et son volume, semble bien représenter la quasi-totalité de la suspension de gélose employée. Il suffit d'ailleurs, pour obtenir une dose mortelle d'anaphylatoxine, d'une quantité de gélose très faible et qui, injectée telle quelle, ne produirait pas d'accidents. Au surplus, si la gélose se maintenait telle quelle en quantité importante dans le liquide, il en resterait vraisemblablement aussi dans un mélange de gélose et de sérum chauffé, lequel pourtant ne se toxifie pas.

La toxicité n'est donc pas due à la présence de gélose en nature. Mais elle pourrait bien l'être à de la gélose qui, en quantité d'ailleurs très faible, se serait profondément modifiée en s'unissant à certains constituants du sérum. On doit à ce propos songer à l'alexine. Celle-ci est nettement absorbée par la gélose. Le sérum dont l'alexine est rendue inactive par chauffage à 56° ne donne plus le poison en présence de gélose ou de globules sensibilisés. D'autre part, les globules rouges ne peuvent engendrer l'anaphylatoxine qu'à la condition d'être sensibilisés, c'est-à-dire de pouvoir réagir avec l'alexine. Le rôle de celle-ci semble évident.

Il est donc fort vraisemblable que les anaphylatoxines doivent leurs

propriétés à des complexes, contenant de l'alexine et des traces soit de gélose, soit d'antigène uni à l'anticorps, et qui existeraient dans le liquide à l'état dispersé. Or, on sait que les éléments figurés chargés d'alexine manifestent des propriétés d'adhésion très remarquables : ils sont conglutinables par le sérum de bœuf; ils sont opsonisés, c'est-à-dire doués de l'aptitude à s'accoler aux leucocytes, aux plaquettes et même aux cellules endothéliales. Il ne serait point surprenant que des complexes invisibles disséminés dans un sérum anaphylatoxique et contenant de l'alexine fussent susceptibles de réagir semblablement avec certains éléments cellulaires, par exemple avec ceux qui commandent les variations de calibre des petits vaisseaux. Ainsi le choc anaphylactique apparaîtrait plus nettement encore comme dépendant des facteurs d'immunité. Cette interprétation de la toxification du sérum n'est certes qu'une hypothèse, les preuves formelles manquent encore. Mais, notamment pour ce qui concerne l'anaphylatoxine obtenue au moyen de gélose, elle semble vraiment être la seule qui reste compatible avec les résultats expérimentaux.

BOTANIQUE. — Neodypsis *et* Chrysalidocarpus, *Palmiers de Madagascar.* Note (¹) de M. **Henri Jumelle.**

Neodypsis et *Chrysalidocarpus* sont deux genres de Palmiers malgaches bien distincts par leurs graines, puisque l'albumen est ruminé dans le premier et homogène dans le second ; mais leurs divers représentants sont si voisins par tous les autres caractères que, lorsque les fruits son inconnus, la confusion est facile.

Beccari, notamment, pensait l'avoir commise lorsqu'il crut reconnaître dans un palmier du mont Vatovavy que nous avions nommé *Neodypsis basilongus* une espèce du Centre qu'il avait déjà décrite en 1907, sans en avoir vu les fruits, sous le nom de *Chrysalidocarpus decipiens;* et, en 1913, il réunissait les deux espèces en un nouveau genre, sous le terme de *Macrophloga decipiens.*

Nous avons ultérieurement démontré (²) que l'erreur était, en réalité, dans la rectification fâcheuse de Beccari, car *Chrysalidocarpus decipiens*, dont les graines sont à albumen homogène, et *Neodypsis basilongus*, qui est à albu-

---

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

(²) H. Jumelle, *Un grand Palmier du centre de Madagascar* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 957).

men ruminé, sont bien deux espèces de deux genres différents. Mais le fait qu'un botaniste averti comme l'était Beccari, grand spécialiste dans l'étude des Palmiers, se soit ainsi trompé prouve bien que, abstraction faite des graines, tous ces Palmiers sont très voisins.

Nous allons en avoir une nouvelle preuve par une seconde erreur, non imaginaire cette fois, qu'a faite le botaniste italien pour une autre Arécée du centre de Madagascar qu'il appela *Chrysalidocarpus Baronii;* et, les fruits étant inconnus, c'est la détermination que nous-même [1] avions tout d'abord adoptée, en plaçant même ce *C. Baronii* au voisinage du *Chrysalidocarpus lutescens*.

Or, M. Perrier de la Bâthie ayant eu récemment l'occasion de récolter enfin les fruits de la première de ces deux espèces, nous avons pu faire cette constatation imprévue que l'albumen y est ruminé.

Le *Chrysalidocarpus Baronii* de Beccari doit donc devenir le *Neodypsis Baronii;* et les nombreux échantillons de diverses provenances que nous avons aujourd'hui de ce Palmier nous permettent, en outre, d'ajouter à cette rectification de nouveaux détails sur l'histoire de cette espèce et de ses variations morphologiques.

Typiquement — si nous dégageons précisément de toutes ces variations que nous connaissons actuellement les caractères qui apparaissent comme constants, quelles que soient les conditions de milieu et d'âge — le *Neodypsis Baronii* doit être ainsi décrit.

C'est un Palmier poussant en touffes, dont chaque tronc peut avoir 5 à 6^{m} de hauteur, mais en dépassant rarement 6^{cm} de diamètre. Les limbes foliaires sont composés de nombreux segments qui, sauf ceux de l'extrémité, sont presque égaux et ont le plus ordinairement 20 à 35^{cm} sur 4 à 5^{mm}. Ces segments, insérés sur un rachis qui, vers le milieu, est surmonté d'une carène tranchante, sont généralement dépourvus des émergences squamulaires que présentent sur la face inférieure la plupart des autres *Neodypsis*. Dans le spadice, la partie ramifiée et florifère, tout en pouvant avoir 35^{cm} de longueur, a plus fréquemment 18 à 20^{cm} seulement ; et les épis de ces inflorescences deux fois ramifiées ont généralement, en moyenne, 8 à 10^{cm}, n'en atteignant 15 que sur les plus gros spadices. Les deux spathes sont toujours parsemées extérieurement de squamules qui forment à la surface, surtout vers le sommet, une moucheture brun

---

[1] H. JUMELLE, *Le groupe du* Chrysalidocarpus lutescens (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1674).

rougeâtre. Les fruits, obovales, plus ou moins arrondis au sommet, plus rétrécis à la base, ont 15 à 18^{mm} de longueur sur 12 à 13^{mm} de largeur. La rumination de l'albumen est, la plupart du temps, peu profonde.

Un caractère très variable selon la vigueur et aussi l'âge du tronc est la longueur du pétiole. Ce pétiole, en effet, est toujours plus long sur les feuilles des pieds jeunes que sur celles des pieds âgés; et cette différence est, par exemple, bien nette sur les troncs de divers âges d'une même touffe. Les feuilles des plus grosses tiges auront un pétiole de 11^{cm} seulement, tandis que, sur celles des plus jeunes rejets, les pétioles auront jusqu'à 40^{cm}.

Dans les endroits, d'autre part, fortement ensoleillés, sur les rocailles, non seulement le tronc, au lieu d'être allongé et vert comme dans les lieux boisés, est bas et jaunâtre, mais le pétiole, en outre, est encore court ou même nul, puis les limbes restent à segments plus petits (10^{cm} par exemple) et beaucoup plus serrés (3 à 7^{mm} d'intervalle vers la base du limbe, au lieu de 2 à 3^{cm} et davantage). Dans les mêmes conditions, les inflorescences restent aussi plus petites, à pédoncules plus courts et à épis plus réduits (4 à 6^{cm}, par exemple, au lieu de 8 à 15^{cm}). Les fruits eux-mêmes varient parfois légèrement de forme, en s'arrondissant plus ou moins largement au sommet.

Mais, dans tous les cas, un autre caractère qui semble bien constant est, au point de vue anatomique, la structure du segment foliaire, qui serait indépendante du milieu et de l'âge, tout au moins quand il s'agit de feuilles pluriséquées. Toujours nous avons constaté : 1° dans la nervure médiane, une méristèle vaguement ovale qui occupe toute l'épaisseur de cette nervure et qui, anguleuse en bas, se continue supérieurement par un large prolongement très obtus; 2° l'absence, ou, tout au moins, la très grande rareté de faisceaux scléreux dans le mésophylle; 3° la présence, dans ce mésophylle, sous l'épiderme supérieur, de cellules à raphides. L'ensemble de cette structure caractérise le *Neodypsis Baronii* comparé aux neuf autres espèces du même genre que nous connaissons pour le moment.

Souvent cultivé à Tananarive, ce *Neodypsis Baronii* est, à l'état sauvage, à Madagascar, une espèce du Centre, qui croît notamment dans l'Analamazaotra, vers 900 à 1000^{m}, dans l'Angavo, dans les forêts de la Mandraka, à l'est de Tananarive, à des altitudes de 1400^{m}.

Les Hovas le nomment *farihazo*. « Hazo », en malgache, signifiant « bois », et « fary » étant le nom de la canne à sucre, cette appellation du Palmier est due soit à ce que son bourgeon est un bon chou-palmiste, à saveur douce, soit, plus probablement, à ce que sa moelle ou sa sève sont sucrées.

M. **George Ellery Hale** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *The Depths of the Universe.*

CORRESPONDANCE

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

British antarctic Expedition 1910-1913. *Meteorology.* Vol. III : Tables, by G. C. Simpson.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation de la déformation des surfaces.* Note de M. **E. Gau**, transmise par M. Goursat.

Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement j'ai démontré que l'équation de la déformation des surfaces (équation aux dérivées partielles du second ordre qui définit les surfaces admettant un ds^2 donné) ne peut admettre d'involution d'ordre quelconque que si elle en admet une du second ordre.

En rapprochant ce résultat de celui que j'ai indiqué dans une Note précédente(¹), on obtient les conclusions suivantes ; appelons (S) les surfaces correspondant à l'élément linéaire donné :

1° *Les surfaces* (S) *ne sont pas applicables sur une surface réglée.* — Il n'existe alors aucune équation en involution avec l'équation de la déformation. Il est évident que l'équation n'est pas intégrable et l'on peut même affirmer qu'il n'existe aucune autre équation admettant avec celle-ci une intégrale commune avec une infinité de constantes arbitraires.

2° *Les surfaces* (S) *sont applicables sur une surface réglée, mais non applicables sur une quadrique.* — Il existe alors une involution du second ordre pour chaque système de caractéristiques.

On sait (²) trouver par des quadratures toutes les surfaces réglées appli-

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2232.

(²) Darboux, *Théorie des surfaces*, t. 3, chap. VI.

cables sur une surface réglée donnée ; ces surfaces sont certainement comprises parmi les solutions des deux systèmes en involution précédents, mais peut-être ces systèmes donnent-ils en outre des solutions nouvelles. En tout cas, ils donnent ces surfaces par un moyen nouveau, qui se prête plus facilement à la solution et à la discussion de certains problèmes, en particulier du problème de Cauchy. On sait, en effet, l'analogie remarquable qui existe entre un système en involution et une équation du premier ordre.

On peut démontrer de plus que, si les surfaces (S) ne sont pas applicables sur une surface de révolution, il n'existe *aucune autre* involution et l'équation de la déformation n'est pas intégrable, *a fortiori*, par la méthode de Darboux.

3° *Les surfaces* (S) *sont applicables sur une quadrique.* — Il existe alors *deux* involutions du second ordre pour chaque système de caractéristiques. On peut répéter ici ce qui vient d'être dit pour les surfaces simplement réglées; il est probable qu'on pourra tirer de ces quatre systèmes en involution des solutions nouvelles du problème de la déformation des quadriques. En tout cas, ces systèmes, très faciles à former, donnent toutes les surfaces réglées applicables sur une quadrique, et se prêtent aisément à la recherche de ces surfaces, lorsqu'elles sont définies par des conditions aux limites.

On peut remarquer en outre qu'en accouplant une équation en involution relative aux caractéristiques (I) avec une équation relative aux caractéristiques (II), et en y joignant l'équation donnée, on peut former quatre systèmes *complètement intégrables;* cela permet d'obtenir très simplement quatre groupes de surfaces dépendant chacun de trois constantes arbitraires, applicables sur une quadrique donnée.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Limite élastique et résistance des aciers doux recuits dans le cas d'efforts combinés de traction et de torsion.* Note [1] de MM. **Seigle** et **Cretin**, transmise par M. Rateau.

Nous nous sommes proposé d'étudier les conditions générales de déformations élastiques et permanentes de barreaux d'acier doux recuits, à section circulaire de 2 à 5^{mm} de diamètre, sous des efforts combinés de

(1) Séance du 21 juillet 1924.

traction et de torsion, en établissant pour cela les diagrammes complets des déformations en fonction des efforts, ce qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été fait.

Une double série de diagrammes peut être envisagée :

1° Une série de *diagrammes de traction* (coordonnées : efforts et allongements), chacun d'eux étant tracé en maintenant appliqué, pendant tout le cours de chaque essai de traction, un certain couple de torsion bien déterminé; pour un moment nul, on a le diagramme de traction simple; on peut, comme cas extrême, appliquer des couples de torsion dépassant beaucoup le couple élastique maximum à la torsion simple;

2° Une série de *diagrammes de torsion* (coordonnées : couples et angles de torsion), chacun d'eux étant fait en maintenant appliqué, pendant tout le cours de chaque essai de torsion, un certain effort de traction bien déterminé; pour une traction nulle, on a le diagramme de torsion simple; comme cas extrême, on peut appliquer des efforts traction, dépassant de beaucoup la limite élastique à la traction simple.

Les résultats généraux sont les suivants :

A. Diagrammes de traction : 1° *La charge totale de rupture* est peu modifiée par des couples de torsion modérés; puis elle diminue sous l'effet de couples croissants et tombe ainsi à 50 ou 60 pour 100 de sa valeur primitive, sous l'effet de couples de torsion dont la valeur approche celle du couple de torsion qui provoque la rupture à la torsion simple.

2° *L'allongement* pour 100 diminue à mesure que le couple de torsion est augmenté; il tombe à 3 ou 4 pour 100 quand le couple de torsion se rapproche du couple qui, sans traction, provoquerait la rupture.

3° *La limite élastique grossière à la traction* (grand changement de direction du diagramme) s'abaisse à mesure que le couple de torsion croît, mais sans qu'on puisse dire qu'elle devient nulle pour de forts couples de torsion.

C'est que, quand on applique des couples de torsion égaux ou supérieurs au couple élastique limite à la seule torsion, les diagrammes de torsion enregistrés automatiquement, dans lesquels les allongements sont représentés à une toute petite échelle, gardent un aspect qui ferait croire à une limite grossière à la traction assez élevée.

Mais, quand on mesure avec des moyens d'amplification suffisants les allongements initiaux et qu'on les représente à une échelle convenable pour bien apprécier leur accroissement, on constate que la pente initiale du diagramme de traction (inclinaison de la tangente sur l'axe des allongements) est, pour ces fortes torsions, très réduite, par rapport au cas des diagrammes

de traction sans torsion; c'est donc comme si le module initial d'élasticité à la traction se trouvait très diminué.

Pour apprécier la sécurité d'une pièce soumise à des efforts de traction ou de torsion, simples ou combinés, il conviendrait d'être fixé et sur la fin des déformations purement élastiques, et sur l'apparition des grandes déformations; mais on sait la difficulté qu'il y a à préciser, même dans le cas de la traction simple, les chiffres correspondant aux diverses limites que l'on peut envisager, telles que : limite de proportionnalité, tension laissant subsister un allongement permanent donné, tension provoquant de grands allongements, ou limite d'écoulement.

B. Diagramme de torsion. — Le moment de rupture, la limite élastique et les nombres de tours amenant la rupture s'abaissent tous à mesure qu'on exerce des efforts de traction croissants.

Pour le cas d'efforts de traction dépassant la limite élastique à la traction simple, le diagramme de torsion se modifie dans le sens expliqué précédemment au sujet du diagramme de traction.

Conclusions de nos expériences. — D'après l'ensemble de nos résultats, nous estimons que, pour les aciers doux ordinaires, on aura des sécurités correspondantes, en supposant qu'un acier peut « travailler » au cisaillement par torsion à un taux égal à 60 ou 65 pour 100 du taux auquel on le fait travailler à la traction simple.

Rappelons que d'après de Saint-Venant, et comme il est dit dans beaucoup d'ouvrages et de formulaires, la limite élastique au cisaillement serait d'environ 0,80 de la limite à la traction; au contraire, d'après Guest, M. Mesnager, etc. (théorie du plus grand cisaillement), ce rapport serait seulement de 0,50.

Ainsi, si l'on estime qu'un acier peut être soumis pratiquement à une charge de 10 kg/mm² à la traction simple, la première conception indique qu'on aura la même sécurité si cet acier supporte un effort de cisaillement égal à 8^{kg} et la deuxième conception s'il supporte seulement 5 kg/mm²; on voit combien la différence est importante. D'après nos résultats, nous dirions 6 à 6,5 kg/mm².

En appelant F une certaine valeur par unité de surface à ne pas dépasser, le calcul du diamètre d ou de la section S d'une pièce cylindrique dont les sections transversales supportent simultanément un effort de traction n et un couple de torsion M donnant un effort de cisaillement périphérique $t = \frac{4M}{Sd}$ (formule applicable pour les seules déformations élastiques),

ce calcul se fera, selon celle des trois conceptions ci-dessus qu'on aura adoptée par les formules suivantes :

1° D'après de Saint-Venant :

$$\frac{3}{8}n + \frac{5}{8}\sqrt{n^2+4t^2} \quad \text{ou} \quad 0,375\,n + 0,625\sqrt{n^2+4t^2} \leqq F;$$

2° D'après la théorie du plus grand cisaillement :

$$\sqrt{n^2+4t^2} \leqq F;$$

3° D'après ce qui résulte de nos mesures, et en arrondissant les coefficients :

$$0,2\,n + 0,8\sqrt{n^2+4t^2} \leqq F.$$

Les coefficients de la formule que nous proposons ainsi correspondent à un rapport des limites élastiques au cisaillement et à la traction égal à 0,625.

PHYSIQUE. — *Sur la propagation des ondes explosives.* Note [1] de M. **Th. Vautier.**

La Ville de Lyon a fait l'an dernier des travaux importants au cours desquels elle a posé une conduite en fonte de 1^m de diamètre et de plusieurs kilomètres de long ; elle a bien voulu mettre à notre disposition, pendant quelques mois, une partie de cette conduite placée sous la chaussée du cours Gambetta prolongé, avant qu'elle ne fût mise en eau. Nous nous sommes empressé de profiter d'une occasion si rare pour continuer nos études antérieures sur la propagation du son.

A la suite de nos expériences de Grenoble [2], nous avions acquis la conviction que nos connaissances sur la propagation du son feraient de notables progrès si l'on pouvait obtenir des tracés donnant correctement la forme inconnue de l'onde aérienne circulant dans une conduite de grande longueur et de diamètre suffisant. Il fallait pour cela trouver un dispositif qui inscrive sans inertie, en fonction du temps, les variations de pression très rapides que l'onde produit dans une section droite de la conduite pendant chacun de ses passages successifs, avant et après réflexions aux extrémités.

A cet effet, nous avons eu recours à une méthode interférentielle. Les

---

(1) Séance du 21 juillet 1924.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. 19, 1890, p. 306.

faisceaux émanés de demi-lentilles traversent la conduite en son milieu perpendiculairement à son axe et vont former des franges sur un cylindre enregistreur; l'un d'eux passe à l'intérieur d'un petit tube de laiton qui le soustrait à l'action de l'onde, tandis que l'autre y reste soumis; lors du passage de l'onde, les franges subissent donc un déplacement qui reproduit exactement les variations de la pression en fonction du temps, c'est-à-dire la forme de l'onde [1]. Nous en donnons quelques spécimens agrandis dans la figure ci-après [2]. L'explosif étant tiré au poste A_1 [3] l'onde se dirige vers l'extrémité C, ouverte ou fermée, où elle se réfléchit, revient en A_1, s'y réfléchit de nouveau, puis continue à se propager ainsi jusqu'à ce qu'elle s'éteigne. Chaque fois qu'elle passe en B, sa forme se photographie sur le cylindre enregistreur : la comparaison des formes inscrites lors de deux passages consécutifs, peu avant et peu après réflexion en C, montrera l'effet produit par cette réflexion, le trajet BCB dans l'air étant court, tandis que la comparaison de deux passages successifs en B suivant BA_1B indiquera l'influence due à un long trajet sur l'air, car l'effet de la réflexion en A_1 est le même qu'en C. Les courbes telles que celles figurées dans la planche ci-jointe, délimitent des surfaces qui représentent l'énergie de l'onde; le rapport des surfaces données par deux passages consécutifs indiquera donc la perte d'énergie due soit à la réflexion, soit au trajet aérien. Sur le cylindre enregistreur sont projetées les images d'un diapason et d'un signal relié à une horloge électrique : on peut ainsi calculer la vitesse de l'onde à chacun de ses parcours et situer dans le temps ses diverses parties telles que : front, sommet, longueur.

Reportons-nous à la planche ci-après. On voit immédiatement la différence d'aspect de l'onde courte (*fig.* 1) formée par l'amorce brisante au fulminate de mercure, et de l'onde bien plus longue de la poudre brûlant à l'air libre; la première présente une discontinuité; elle arrive avec son front complètement redressé, caractéristique d'une violente détonation : sous

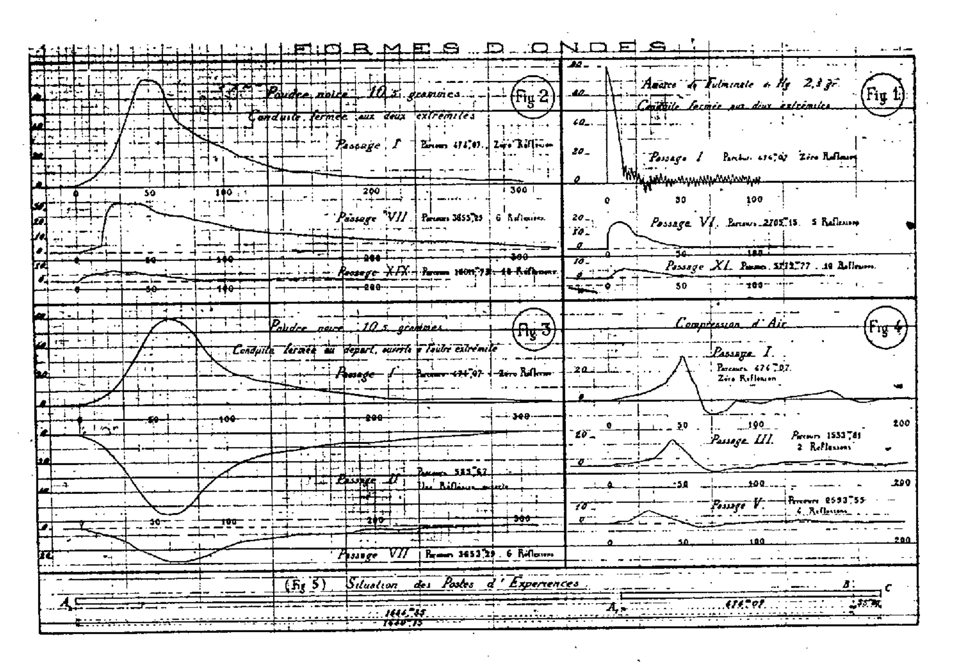
---

[1] Nous avions déjà employé ce système en 1898 pour des expériences analogues; en 1895, nous nous sommes servi d'un autre dispositif [*Sur un réfractomètre à réflexions* (*Journal de Physique*, 4e série, t. 2, 1903, p. 888)] lors de nos expériences d'Argenteuil (*Comptes rendus*, t. 121, p. 51, 1895).

[2] Abscisses (millièmes de seconde) agrandies deux fois; ordonnées (pression en millimètres d'eau) agrandies dix fois.

[3] La figure 5 montre le schéma de la disposition des postes et des deux longueurs A_1C et A_2C, successivement utilisées après le jonctionnement de la conduite en A_1; B est la baraque principale qui contenait les appareils et notamment le réfractomètre.

cette influence il se produit au lieu de l'explosion, d'autres vibrations aériennes se superposant à la fin de l'onde et qui sont probablement celles que les parois de la conduite, ébranlées par la violence du coup, transmettent à l'air intérieur de la conduite : elles décèlent une note voisine du la_3. Dans le cas des fortes charges, la discontinuité persiste même après réflexions,



aux 3^e et 4^e passages (parcours 1600^m et trois réflexions) : quant aux vibrations superposées, elles se sont évanouies. A mesure que le nombre des parcours et des réflexions augmente, le front d'onde s'incline; les quelques lectures faites montrent que le sommet se détache vers le 5^e passage pour les fortes charges (2 à 2^g,5), vers le 3^e pour les plus faibles (0,5 à 1^g); il s'écarte dans le même sens jusque vers les 12^e ou 14^e passages et semble se fixer dans cette position. La durée des dernières ondes est à peu près double de celle du début.

L'onde de la poudre (*fig.* 2) présente des caractères bien différents; elle n'offre aucune discontinuité au départ, mais au cours de la propagation, son front se redresse, le sommet se rapproche de l'origine jusque vers le 7^e passage et s'établit alors dans une situation à peu près stable jusqu'à la fin; ainsi l'intervalle front-sommet commence par diminuer assez rapidement pour atteindre ensuite une valeur sensiblement constante, puisqu'elle ne varie guère entre le 7^e et le 19^e passage (entre 3^{kg},653 et 10^{kg}).

Réflexion sur paroi ouverte. — La figure 3 montre le renversement de l'onde, caractéristique de ce mode de réflexion; contrairement au cas précédent, le sommet ne se rapproche pas du front, il s'en est écarté, mais très peu, au septième passage ($3^{kg},653$). Les amorces au fulminate (non figurées) donnent le même renversement. Quant à leur discontinuité, elle disparaît toujours à la première réflexion sur paroi ouverte.

Onde non explosive (*fig.* 4). — La planche de fermeture étant inclinée de 25° environ est poussée contre le joint de la conduite; l'onde produite est ondulatoire; son sommet se rapproche du front comme nous l'avons signalé pour la poudre (*fig.* 2).

D'autres résultats seront donnés par les lectures en cours de nombreux tracés obtenus.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence de la force pressante sur le fonctionnement des détecteurs à contact solide.* Note de M. **J. Cayrel**, transmise par M. G. Ferrié.

Aucune conclusion nette ne se dégage des travaux qui ont été faits sur cette question. On se l'explique aisément si l'on considère que dans toute l'étude des détecteurs à contact solide les expérimentateurs ont trop souvent oublié l'influence capitale des propriétés du circuit qui contient le détecteur sur le phénomène de la détection. Considérant comme criteria du détecteur des criteria du système détecteur-circuit détecteur, ils ne pouvaient manquer d'être amenés à des résultats contradictoires (par exemple du seul fait qu'ils associaient au détecteur des appareils de mesure dissemblables).

Le courant moyen qui parcourt un circuit contenant un détecteur et soumis à une force électromotrice périodique dépend de trois groupes de paramètres.

Les paramètres du premier groupe :

$$\alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \ldots, \quad \alpha_n,$$

définissent l'état du détecteur.

Ceux du second groupe :

$$\beta_1, \quad \beta_2, \quad \ldots, \quad \beta_p,$$

caractérisent le circuit associé au détecteur.

Enfin les paramètres du troisième groupe :

$$\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_s,$$

caractérisent la force électromotrice appliquée.

On a, en désignant par I_m la valeur du courant redressé :

$$(1) \qquad I_m = f(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_p, \gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_s).$$

Les expérimentateurs qui ont étudié le phénomène de la détection semblent avoir oublié les paramètres du second groupe. Or les valeurs des β influent non seulement sur la valeur de I_m correspondant à un système de valeurs déterminé des α, mais encore sur le signe des $\frac{\partial f}{\partial \alpha}$. Ainsi, faute d'opérer toutes choses égales d'ailleurs quant aux circuits associés au détecteur, deux expérimentateurs pourront être conduits à des résultats contradictoires même en restant dans le domaine qualitatif et en se bornant à déterminer le sens de variation de I_m par rapport à celui des α.

J'ai entrepris une étude théorique des détecteurs à contact solide où j'essaie de déterminer par voie analytique la forme de la relation (1) dans quelques cas simples. Je reviendrai d'autre part sur ce sujet.

Voici, à titre d'exemple, l'expression de I_m que j'ai obtenue dans le cas d'une f. e. m. sinusoïdale d'amplitude U et de pulsation ω et pour des courants détectés très faibles :

$$(2) \qquad I_m = \frac{1}{\pi} k \frac{U^2}{(g + r_0)^2 + L^2 \omega^2} \frac{1}{g + r_0},$$

r_0 est la résistance limite du détecteur :

$$r_0 = \lim \left[\frac{u}{i}\right]_{i=0},$$

g et $L\omega$ sont la résistance et l'inductance du galvanomètre monté en série avec le détecteur.

k est une grandeur qui caractérise le contact détecteur utilisé.

Pour vérifier les conclusions de mes recherches théoriques, j'ai entrepris un certain nombre d'expériences destinées à déterminer l'influence de la force pressante sur la détection. Les résultats obtenus sont les suivants :

La force pressante qui pour une f. e. m. alternative d'amplitude donnée correspond au courant détecté maximum dépend essentiellement de l'impédance du circuit associé au détecteur.

Cette force pressante doit être telle que la résistance moyenne du détecteur soit du même ordre de grandeur que l'impédance du circuit associé au détecteur.

Comme la résistance du contact détecteur est à peu près inversement proportionnelle à la force pressante, il conviendra d'utiliser de faibles forces pressantes quand le détecteur est associé à un circuit d'impédance élevée et des forces pressantes de valeur élevée quand le détecteur est associé à un circuit de faible impédance.

C'est ainsi qu'en T. S. F., où l'on associe au détecteur des casques téléphoniques dont la seule résistance s'élève à 4000 ou 8000 ohms, on constate qu'une bonne détection exige des contacts extrêmement légers entre la pointe et le cristal. Au contraire, en associant à un détecteur à galène un galvanomètre shunté par une faible résistance (1 à 10 ω) et en réduisant convenablement $L\omega$, j'ai constaté que la détection optima correspondait à des forces pressantes de l'ordre du kilogramme.

J'ai expérimenté sur la galène, la pyrite de fer, la chalcopyrite, la chalcosine, la molybdénite. Pour tous ces cristaux j'ai observé des relations entre la détection et la force pressante conformes aux règles énoncées plus haut.

Remarque. — Pour que la formule (2) mette en évidence le maximum de I_m par rapport à r_0 il faut expliciter la valeur de k qui dépend de r_0. On a

$$k = \varphi(r_0). \tag{3}$$

Des expériences préliminaires, que je me propose de reprendre, sembleraient indiquer que k est sensiblement proportionnel au carré de r_0.

On aurait

$$k = \alpha r_0^2.$$

En admettant cette dernière relation la formule (2) devient

$$I_m = \frac{1}{\pi}\alpha U^2 \frac{r_0^2}{(g+r_0)^2 + L^2\omega^2} \frac{1}{g+r_0}.$$

Le maximum de I_m par rapport à r_0 est déterminé par l'équation du troisième degré

$$r_0^3 - r_0(3g^2 + L^2\omega^2) - 2(g^3 + L^2\omega^2 g) = 0.$$

Pour $L\omega = 0$, I_m est maximum pour $r_0 = 2g$.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Interférences par diffusion.* Note de M. **F. Wolfers**, transmise par M. A. Cotton.

Dans une Note récente ([1]) j'ai décrit un nouveau phénomène qui peut se ramener à des interférences entre la lumière venant d'une source, et la lumière diffusée par le bord d'un écran qui limite le faisceau. Ce phénomène, habituellement masqué par la diffraction, s'observe avec une *source large*, et ne peut s'interpréter par les théories classiques seules : il faut faire des hypothèses appropriées sur le mécanisme de la diffusion.

Or les hypothèses auxquelles on est ainsi conduit prennent un certain intérêt à la suite de la publication toute récente par M. Bohr et ses collaborateurs ([2]) d'une nouvelle théorie qui, pour la première fois peut-être, jette une certaine clarté sur l'antagonisme entre les phénomènes « quantiques » et ceux qui obéissent aux lois électromagnétiques classiques. On sait que deux conceptions principales sont en présence en ce qui concerne la diffusion : celle-ci se ferait soit d'une façon continue dans toutes les directions, soit d'une façon discontinue et dans une direction déterminée pour chaque quantum (théorie des « atomes de lumière »). Les deux manières de voir permettent également bien de rendre compte de certains phénomènes, par exemple du changement de longueur d'onde par diffusion observé par Compton. Mais la nouvelle théorie de Bohr se prononce catégoriquement pour la première conception : l'origine des discontinuités exprimées par les lois quantiques aurait son siège exclusivement dans la matière.

Au point de vue expérimental, et tout au moins pour les fréquences optiques, *notre nouveau phénomène semble pouvoir être considéré comme un « experimentum crucis » en faveur de ces idées.* Si en effet l'émission par un résonateur devait se faire par quanta dirigés, les interférences observées deviendraient inconcevables. De même l'influence d'un écran sur un faisceau de rayons X, que j'ai décrite ici ([3]) et qui n'est pas encore élucidée, ne semble en tout cas pas pouvoir s'expliquer en partant de cette hypothèse.

Voici donc le mécanisme que l'on peut imaginer pour rendre compte des interférences par diffusion ; il ne semble plus devoir paraître trop arbitraire :

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1704.
([2]) Bohr, *Phil. Mag.*, t. 47, 1924, p. 785.
([3]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1385, et t. 177, 1923, p. 32.

1. A la surface de tous les corps se trouvent des *résonateurs* capables d'absorber des quanta d'énergie, et de les reémettre sous forme *d'ondes sphériques*. En raison du champ qui règne certainement à la surface libre des solides et des liquides, ces résonateurs doivent être orientés conformément aux idées de quantification dans l'espace. Les champs en question semblent d'ailleurs devoir être très intenses; en tout cas nos phénomènes ne sont pas modifiés par l'application de forts champs extérieurs.

2. Si chaque point de la source agissait sur les résonateurs indépendamment des points voisins, le phénomène ne pourrait être observé, une infinité de systèmes de franges devant alors se superposer. La difficulté peut être levée en admettant que *le résonateur orienté, s'il reçoit à la fois des ondes venant de directions voisines* comprises à l'intérieur d'un certain angle solide limite ω, *intègre* en quelque sorte les effets reçus, et diffuse une onde sphérique simple capable d'interférer en moyenne avec les ondes directes.

Comme d'ailleurs, en définitive, ces interférences ne s'observent que par l'intermédiaire des résonateurs qui se trouvent sur la plaque photographique ou sur la rétine, on peut dire aussi que ces résonateurs eux-mêmes, recevant des ondes sous des incidences suffisamment voisines, en intègrent les effets de la même manière que l'écran diffusant. Ceci rétablit pour ainsi dire la symétrie entre les actions subies par les rayons directs et diffusés, et permet de mieux concevoir la possibilité des interférences. Tout ce qui précède paraîtra moins étrange si l'on songe que M. Bohr ne considère plus les ondes elles-mêmes que comme un phénomène « virtuel » qui facilite seulement l'interprétation des actions à distance entre atomes.

Enfin, quant à l'angle ω, mes expériences montrent qu'il est très petit pour les fréquences optiques (angle au sommet de l'ordre de la minute au plus). Si de plus on voulait encore admettre qu'il devient relativement grand pour les fréquences élevées, il deviendrait sans doute possible d'expliquer les effets cités plus haut, que j'ai observés avec les rayons X. Mais sur ce point de nouvelles expériences sont nécessaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la chaleur et du vide sur le graphite artificiel.* Note (¹) de MM. **P. Lebeau** et **M. Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Communication antérieure (²), nous avons décrit un dispositif permettant de chauffer électriquement dans le vide à haute température. Dans certains de nos essais nous avons dû utiliser comme organe de chauffe un tube de graphite artificiel. Il nous était nécessaire de connaître, pour la précision de nos recherches, les modifications que ce tube pouvait subir en ce qui concernait, soit les impuretés minérales qu'il renfermait, soit les gaz qui s'y trouvaient adsorbés. Une étude préalable de l'action de la chaleur et du vide sur le graphite était donc indispensable. Nous résumons, dans la présente Note, les résultats de nos observations.

Nos essais ont porté sur trois graphites artificiels de provenance différente, qui nous ont été remis sous la forme de blocs compacts cylindriques ou parallélépipédiques. Au moyen du tour, ils ont été transformés en tubes ayant pour dimensions : longueur 160^{mm}, diamètre extérieur $8^{mm},8$, diamètre intérieur $7^{mm},5$. Chacun de ces tubes, étant placé dans notre appareil, a pu être chauffé à des températures déterminées à $\pm 25^{o}$ sur une longueur de 140^{mm}. A ses extrémités, il était refroidi sur 1^{cm} de long, par contact avec les conducteurs métalliques. Le vide étant fait, dans le ballon en pyrex constituant l'enveloppe extérieure, au moyen d'une pompe rotative à huile et d'une pompe à vapeur de mercure, on pouvait, à l'aide d'une trompe à mercure placée après la pompe à vapeur, recueillir les gaz dégagés au cours de la chauffe.

Au point de vue du dégagement des gaz, les trois graphites examinés s'étant comportés de façon semblable, nous ne donnerons que les résultats concernant l'un d'entre eux.

Le tube de graphite, pesant environ 6^{g}, préalablement séché par un séjour de 4 jours à l'étuve, à 110°, est disposé dans l'appareil en relation avec une ampoule rodée contenant de l'anhydride phosphorique. Le vide étant fait, on établit le courant et l'on en règle le débit de manière à élever la température par étapes successives jusqu'à 2000°. Les observations recueillies sont consignées ci-contre :

(¹) Séance du 7 juillet 1924.

(²) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1151.

Durée de la chauffe.	Température.	V. gaz. recueilli.	Composition pour 100 du mélange gazeux. CO².	CO.	H.	CH⁴.	Homologues de CH⁴.	Éthyléniques.
h	°	cm³						
1	700	0,13	15	40	15	30	»	»
2,30	1000	5,65	3,5	22,5	54,6	3	5,6	10,8
3,30	1500	12,4	traces	40,7	55,4	3,8	0,0	0,0
3,30	2000	13,3	id.	44	53,1	2,6	0,0	0,0

Après cette première série de chauffe, le tube a été abandonné dans le vide pendant 2 jours, puis chauffé de nouveau après des repos de durée variable. Le tableau ci-dessous résume les résultats acquis au cours de ces essais :

Intervalle entre 2 chauffes.	Durée de la chauffe.	Température.	Volume gazeux recueilli.	Composition pour 100 du mélange. CH⁴.	CO.	H.
	h	°	cm³			
2 jours...	1	700	0			
	1	1000	0,39	43,5	20,5	36
	1	1500	0,59	8,4	12	79,6
	1	2000	0,46	0,0	45,6	52,2
4 jours...	1	1000	0,23	73,9	26,1	
	1	1500	0,76	1,3	9,2	86,8
	1	2000	0,27		48,2	51,8
1 jour....	1	1000	0,04			
	1	1500	0,25	8	12	76
	1	2000	0,22		50	45,5
1 jour...	1	1000	0			
	1	1500	0,18	5,5	11	83,5
	1	2000	0,21		61,9	38,1
1 jour...	1	1000	0			
	1	1500	0,27		14,8	85,2
	1	2000	0,17		53	47
4 jours après rentrée d'air sec........	4,30	1000	1,14			
	4	1500	1,87		54	46
	3	2000	2,08		64,4	35,6
1 jour...	1	2000	0,31		74,2	28,8
	0,15	2200				
	0,05	2400	0,95		95,8	4,2

De l'examen de ces tableaux, il résulte qu'un tube de graphite artificiel abandonne tout d'abord, lorsqu'on le chauffe dans le vide, un volume notable d'un mélange gazeux assez complexe (environ 30$^{cm^3}$ pour un tube de 6^g porté jusqu'à 2000°, l'extraction des gaz étant faite pendant

10 heures). Par des chauffes répétées, les volumes gazeux recueillis diminuent considérablement, en même temps que la composition des gaz se simplifie. Ceux-ci ne renferment plus que du méthane, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, et bientôt, ces deux derniers gaz seulement. La proportion d'oxyde de carbone augmente sans cesse pour atteindre près de 96 pour 100 vers 2200°-2400°. Une rentrée d'air sec dans l'appareil entraîne un dégagement gazeux plus important lors de la chauffe suivante, mais les constituants du mélange sont uniquement l'oxyde de carbone et l'hydrogène.

Deux des échantillons de graphite examinés donnant respectivement 0,1 et 0,2 pour 100 de cendres, n'en fournissaient plus après 3 heures de chauffe à 2000° que 0,005 à 0,006 pour 100. Le troisième moins pur à 0,9 pour 100 de cendres même chauffé jusqu'à 2200° a laissé à la combustion 0,185 pour 100 de résidu. Cette purification moins complète semble être en relation avec la présence dans ce dernier graphite de matières minérales sulfurées.

Les tubes de graphite ont une usure sensiblement nulle dans le vide jusqu'à 2200°. Leur résistance mécanique reste sans changement après 30 heures de chauffe. A 2300° la volatilisation du carbone est visible, mais la perte de poids pour un tube pesant 6^g n'atteint pas 1^{mg} en 15 minutes. A 2400° elle devient assez rapide pour que le tube soit rapidement mis hors d'usage. Nous poursuivons l'étude du carbone volatilisé dans ces conditions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique sur la décomposition du bicarbonate de calcium en solution aqueuse par la chaleur.* Note (¹) de M. **Robert Stumper**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Cette Note résume les résultats obtenus lors de nos recherches sur la décomposition par la chaleur du bicarbonate de calcium en solution aqueuse.

A cet effet, nous avons préparé des solutions pures de $Ca(HCO^3)^2$ en faisant agir de l'acide carbonique, sous pression atmosphérique, sur une suspension aqueuse de carbonate de calcium chimiquement pur. De cette façon on obtient aisément des solutions titrant 50°-65° hydrotimétriques français, c'est-à-dire renfermant 500^{mg}-650^{mg} de $CaCO^3$ par litre sous forme de bicarbonate. Le mode opératoire adopté, après des essais préliminaires,

(¹) Séance du 7 juillet 1924.

a été le suivant : 100^{cm^3} de la solution titrée sont introduits dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux et soumis pendant des temps connus à l'action de la chaleur. Après l'écoulement du temps donné le liquide est vite filtré et la teneur en bicarbonate est titrée au moyen de HCl $\frac{1}{10}$N. Les résultats numériques obtenus sont indiqués en grammes de $CaCO^3$ par litre. Comme origine du temps nous avons choisi le commencement de l'ébullition, après nous être assuré que le titre n'a en ce moment que très faiblement diminué.

Nous avons commencé par l'étude cinétique de la décomposition. Le tableau suivant réunit les valeurs de la vitesse de réaction, et celles du coefficient K défini par l'application de la formule connue des réactions monomoléculaires

$$K = \frac{1}{t} \log.\ \text{nat.}\ \frac{A}{A - x}.$$

Titre de la solution $A = 0{,}563\ CaCO^3$ par litre. Mode d'ébullition : ébullition lente correspondant à la vaporisation de 3^{cm^3} d'eau par minute.

Nos.	Temps (min. d'ébull.).	$CaCO^3$ présent ($A - x$).	Vitesse K.
1	0^m	0,563	»
2	2	0,354	0,2314
3	3	0,227	0,2280
4	5	0,125	0,2688
5	10	0,065	0,2165
6	20	0,035	0,2502
7	130	0,02	»
8	∞	0,02	»
		Moyenne	0,2390

Une deuxième série d'expériences faites sur une solution titrant $0^g{,}640$ de $CaCO^3$ par litre a donné $K = 0{,}2243$.

La constance de $K = 0{,}23$ démontre que, malgré les fluctuations inévitables dues aux variations de l'échauffement d'un essai à l'autre, la décomposition du bicarbonate de calcium est une réaction monomoléculaire.

L'influence du degré d'ébullition se manifeste d'une façon très nette; par ébullition violente, donnant une vaporisation de 5^{cm^3} d'eau par minute, nous avons trouvé un coefficient de réaction $K = 0{,}5412$.

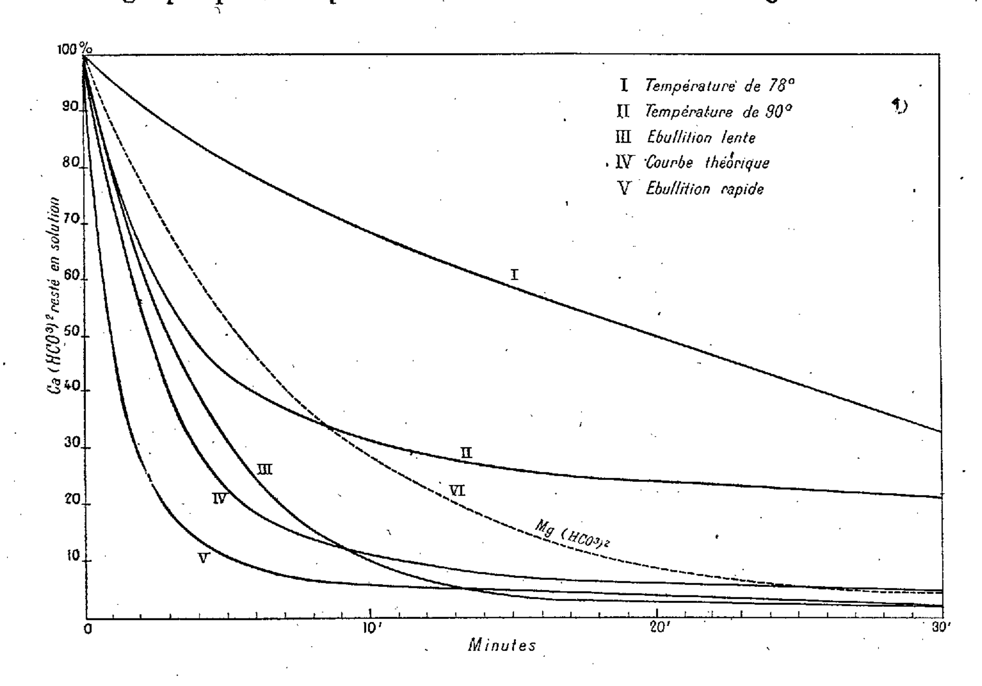
Aux températures inférieures à 100°, la vitesse de décomposition ne reste constante qu'au début de la réaction, pour ralentir progressivement après.

Nous avons déterminé le coefficient de température de la vitesse et nous

avons obtenu pour l'intervalle

$$75 - 90^\circ \qquad Q_{10} = 2.4,$$
$$90 - 100^\circ \qquad Q_{10} = 1.5.$$

Afin de rendre plus intelligibles tous les résultats obtenus, nous les avons traduits graphiquement par les courbes réunies sur le diagramme suivant,



en faisant remarquer que toutes les valeurs sont ramenées à un titre initial de 100.

L'axe des ordonnées indique les teneurs en $CaCO^3$ non encore décomposé. L'inspection des courbes fait ressortir les points suivants :

1. L'allure de la décomposition $Ca(HCO^3)^2 = CaCO^3 + CO^2 + H^2O$ est nettement monomoléculaire.

2. La courbe expérimentale diffère de la courbe théorique par deux faits, à savoir : une vitesse plus grande au début, et plus petite à la fin de la décomposition étudiée.

Actuellement, nous poursuivons l'étude de la décomposition du bicarbonate de magnésium dont la vitesse s'est montrée 1,87 fois plus lente que celle du bicarbonate de calcium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dispersion rotatoire anomale des solutions acides de nicotine en relation avec la concentration en ions hydrogène.* Note de M^lle **Jeanne Liquier**, transmise par M. A. Cotton.

Les solutions aqueuses de la nicotine et de ses sels présentent un pouvoir rotatoire très variable avec leur concentration et une dispersion anomale. Ces anomalies ont été mises en évidence par Gennari (¹), sur un mélange équimoléculaire de nicotine et d'acide acétique, auquel il ajoutait progressivement de petites quantités d'eau. Pour certaines de ces solutions, la rotation, positive pour les radiations les moins réfrangibles, s'annule pour une certaine longueur d'onde et devient négative pour les longueurs d'ondes les plus courtes.

Nous avons obtenu des anomalies analogues, en solution diluée, en ajoutant des quantités variables de différents acides à une solution aqueuse de nicotine.

On a, dans des cas divers, expliqué de telles apparences par la coexistence dans la solution de deux corps actifs à dispersions normales mais différentes et à pouvoirs rotatoires de signes contraires (travaux de G. Darmois et de Malleman). En admettant ici que le sel de nicotine peut être considéré comme totalement ionisé, ce qui est le cas le plus simple, l'hypothèse naturelle est que l'on se trouve en présence d'un mélange de nicotine libre non dissociée, qui dévie à gauche le plan de polarisation, et du cation, à pouvoir rotatoire positif correspondant au sel formé.

$[\alpha_1]^M$ et $[\alpha_2]^M$ étant respectivement les pouvoirs rotatoires de la molécule de nicotine et du cation correspondant, la rotation α d'une solution s'exprime en admettant la loi d'addition des rotations de Biot. Si sur n molécules de nicotine, x disparaissent pour donner x cations qui équilibrent les ions acides introduits, on a

$$\alpha = (n - x)[\alpha_1]^M + x.[\alpha_2]^M.$$

Les concentrations x et $n - x$ sont, pour chaque solution, déterminées par la quantité d'acide ajoutée et par la force de cet acide, en définitive, par le P_H. Nous devons donc observer une variation régulière de α avec le P_H.

(¹) *Zeitsch. für physik. Chemie,* t. 19, 1896, p. 130.

Les mesures ont porté sur une solution de nicotine $\frac{n}{10}$ neutralisée progressivement par addition d'acide chlorhydrique normal.

Le P_H est mesuré électrométriquement : le galvanomètre est un galvanomètre à cadre mobile donnant, sous son régime d'amortissement critique, une déviation de 1^{mm} à 1^m pour 10^{-7} ampère.

Les rotations α sont mesurées sous 30^{cm}. Le polariseur est un prisme à champ normal. L'analyseur est un analyseur de Lippich, qui permet de lire le $\frac{1}{100}$ de degré ; on utilise les radiations jaune, verte et bleue de l'arc au mercure : $\lambda_1 = 0^\mu,578$, $\lambda_2 = 0^\mu,546$, $\lambda_3 = 0^\mu,436$.

Les résultats sont les suivants :

	Rapport $\frac{n \text{ mol. acide}}{n \text{ mol. nicotine}}$.	P_H.	$\alpha_{\lambda 1}$.	$\alpha_{\lambda 2}$.	$\alpha_{\lambda 3}$.
3...........	0,3	8,56	$-2°,24$	$-2°,57$	$-5°,05$
4...........	0,4	8,4	$-1,90$	$-2,22$	$-4,18$
5...........	0,5	8,2	$-1,55$	$-1,75$	$-3,30$
6...........	0,6	7,96	$-0,86$	$-1,02$	$-2,00$
7...........	0,7	7,79	$-0,34$	$-0,40$	$-0,93$
8...........	0,8	7,54	$+0,16$	$+0,16$	$+0,07$
9...........	0,9	7,27	$+0,56$	$+0,64$	$+0,87$
10...........	1	4,79	$+0,85$	$+0,95$	$+1,60$

Les premiers liquides, jusqu'à celui numéroté 7, ont une dispersion normale. Il en est de même pour les liquides 9 et 10, mais ils ont un pouvoir rotatoire positif. Au voisinage de $P_H = 7,6$ la dispersion est anomale ; la solution 8 présente la même rotation pour le jaune et le vert et une rotation plus petite pour le bleu. A partir de la solution 10, la rotation n'augmente plus pour une addition nouvelle d'acide ; on peut admettre que toute la nicotine est transformée en chlorhydrate dissocié.

On peut tracer pour chaque longueur d'onde la courbe de variation de α en fonction du P_H. Nous avons, d'autre part, tracé la courbe de dissociation de la nicotine $\frac{n}{10}$ au cours de sa neutralisation par HCl, en portant en ordonnées les P_H, et en abscisses les quantités d'acides ajoutées. Ces deux courbes ont la même allure.

Aux environs de la demi-neutralisation, à une faible variation du P_H correspond une grande variation de α ; le P_H de ces solutions peut donc, pour de telles concentrations, être déterminé avec exactitude par la mesure de α qui peut être très précise. Ces résultats peuvent se rapprocher de ceux qui ont été obtenus par M. Darmois [1]

[1] DARMOIS, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1062, et t. 178, 1924, p. 2183.

en étudiant des corps tels que le dimolybdomalate d'ammonium, dont le pouvoir rotatoire est d'ailleurs bien supérieur à celui des solutions qui nous ont occupé.

J'ai également déterminé les rotations et les P_H de la nicotine en présence d'acide acétique : au degré de précision des mesures, la courbe $\alpha = f.$ de P_H coïncide, dans sa plus grande partie, avec la courbe relative à l'acide chlorhydrique. Toutefois, en fin de neutralisation, on observe une rotation positive, mais plus petite, correspondant, semble-t-il, à la présence d'un moins grand nombre de cations dans la solution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle synthèse de l'acide oxalique.* Note de MM. **C. Matignon** et **C. Faurholt**, présentée par M. Charles Moureu.

L'un de nous a montré ([1]), par des considérations théoriques, que la décomposition de certains oxalates, par la chaleur, donnait naissance à une réaction réversible et que cette réversibilité pourrait sans doute être utilisée pour réaliser la synthèse de l'acide oxalique.

Considérons en effet la réaction réversible

$$CO + CO^3K^2 = C^2O^4K^2 + 19^{cal},8.$$

En utilisant la relation approchée $\frac{Q}{T} = 0^{cal},032$ pour la détermination de la température correspondant à une pression de dissociation normale, on trouve pour cette dernière la température de 347° C. L'expérience nous a montré que cette relation fournit des températures d'autant plus exactes que la valeur de T se rapproche davantage de la température ordinaire; pour des valeurs plus élevées, la valeur ainsi calculée pour T est en général trop grande; comme conséquence, à 347° la pression de dissociation doit être supérieure à la pression atmosphérique.

La formule de Nernst

$$\log p_{CO} = -\frac{19,8}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,5$$

conduit par la même température de 347° à une pression de 24^{atm} et à une température de 250° pour la pression atmosphérique.

Nous avons calculé les pressions suivantes :

([1]) *Ann. Chim.*, 8e série, t. **14**, 1908, p. 78.

Par la relation $\frac{Q}{T}$.		Par la formule de Nernst.	
t.	P.	t.	P.
347°	1 atm	250°	1 atm
397	4,1	347	24
447	5,11	370	48
504	10,8	400	100

Aucune théorie, d'autre part, ne nous renseigne sur la température de commencement de la réaction. Pour préciser ce point, nous avons d'abord étudié la réaction inverse, celle de la décomposition de l'oxalate. Cette décomposition effectuée dans le vide nous a montré que la réaction était manifeste à 370°, qu'elle devenait très nette à 420° et qu'à partir de 430 à 440°, on obtenait une vitesse de réaction d'ordre pratique.

Pour chercher à réaliser la réaction inverse dans un temps assez court, il convenait donc d'opérer à une température au moins égale à 440° et sous une pression d'oxyde de carbone supérieure aux pressions calculées précédentes. Nous estimions d'ailleurs en nous basant sur des faits connus que les valeurs réelles étaient intermédiaires entre les deux séries calculées et plus proches des premières que des secondes.

D'autre part, à côté de l'équilibre précédent il tendra à se superposer un deuxième équilibre résultant de la réaction

$$2CO = CO^2 + C. \qquad (2)$$

Le calcul montre qu'à 447°, par exemple, en admettant pour l'équilibre de l'oxalate une pression de 5^{atm}, il faudrait pour superposer les deux équilibres une pression en gaz carbonique, de l'ordre de 25000^{atm}. Si donc à cette température la décomposition de l'oxyde de carbone était comparable comme vitesse à l'autre réaction, il serait nécessaire d'opérer avec du gaz oxyde de carbone accompagné de sa pression d'équilibre en gaz carbonique et la réalisation deviendrait impossible. Mais fort heureusement, en l'absence de catalyseurs, la décomposition de l'oxyde de carbone, aux températures qui nous intéressent, peut être considérée comme négligeable; aussi la synthèse nous parut-elle réalisable.

Nous avons chauffé du carbonate de potasse pur placé dans un tube de verre et maintenu dans un récipient métallique clos en relation avec un manomètre. Le récipient était rempli d'oxyde de carbone sous pression.

Ce gaz, que nous devons à M. Georges Claude, contenait 75 pour 100

d'oxyde de carbone, le reste étant constitué sensiblement par parties égales d'azote et d'hydrogène.

Dans chaque opération on opère sur 15 à 20^{g} de carbonate soit pur, soit additionné de 2,5 pour 100 de noir animal, pouvant jouer éventuellement le rôle de catalyseur.

Nous avons obtenu de l'oxalate de potasse dans tous nos essais. Cet oxalate a été dosé concurremment par le permanganate et sous forme de chaux ou de sulfate.

Le tableau suivant donne la teneur en oxalate du carbonate placé dans la région la plus chaude du tube. La température de réaction a été maintenue pendant 2 heures et demie dans chacune des expériences.

	Pression totale du gaz.	Température.	Teneur en oxalate.
I.........	243^{atm}	503°	0,4 %
II.........	245	480	27
III.........	243	470	29
IV.........	243	470	9,7
V.........	232	450	10,0

Dans l'expérience III, une partie du mélange oxalate et carbonate qui avait fondu et s'était séparé du cylindre solide obtenu après réaction avait une teneur en oxalate de 72 pour 100; cette teneur doit correspondre sans doute à la composition voisine de celle de l'eutectique oxalate-carbonate.

Dans les expériences II et III, le carbonate était additionné de noir animal, la comparaison des essais III et IV montre nettement, comme nous l'avions prévu, le rôle catalyseur du charbon.

Nous n'avons pu, malgré certains artifices, annihiler le rôle catalyseur des parois métalliques sur la décomposition de l'oxyde de carbone, aussi avons-nous toujours trouvé du gaz carbonique dans le gaz résiduaire et un dépôt de charbon sur la paroi intérieure du récipient dans la zone de chauffe.

Remarquons en terminant que la présence simultanée de l'hydrogène et de l'anhydride carbonique permettrait d'envisager la formation de l'oxalate à partir de l'oxyde de carbone naissant qui pourrait en résulter, toutefois cette hypothèse paraît en contradiction avec les faits observés; nous discuterons d'ailleurs tous les résultats et les faits dans un Mémoire détaillé.

Le carbonate de sodium, dans les mêmes conditions, ne nous a rien

donné, ce qui concorde avec la nécessité, prévue par l'effet thermique, d'opérer sous des pressions plus élevées.

En résumé, nous avons réussi, à partir de matières premières élémentaires, à réaliser méthodiquement une synthèse de l'acide oxalique, dans des conditions qui permettront peut-être la fabrication de l'acide oxalique dans les usines où l'hydrogène est préparé par compression et liquéfaction du gaz à l'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'acide phtalonique. Recherches sur ses combinaisons avec l'aniline.* Note de M. **A. Cornillot**, présentée par M. Haller.

Continuant nos recherches [1] sur la constitution de l'acide phtalonique et de ses dérivés, nous avons étudié les composés qui résultent de sa combinaison avec l'aniline. Nous en avons reconnu deux bien définis, par combinaison directe de l'anhydride phtalonique et de l'aniline, et leurs propriétés font l'objet de la présente Note. Ce sont : l'acide phtalonanilique et le dianilide phtalonique. A leur sujet, comme à celui de tous les dérivés de l'acide phtalonique, se pose le problème de leur constitution. Est-elle cétonique ou lactonique?

$$C^6H^4\begin{cases}CO-CONHC^6H^5\\CO^2H\end{cases} \quad \text{ou} \quad C^6H^4\begin{cases}C(OH)-CONHC^6H^5\\ \quad\quad >O\\ CO\end{cases}$$

pour l'acide phtalonanilique,

$$C^6H^4\begin{cases}CO-CONHC^6H^5\\CONHC^6H^5\end{cases} \quad \text{ou} \quad C^6H^4\begin{cases}C(NHC^6H^5)-CONHC^6H^5\\ \quad\quad >O\\ CO\end{cases}$$

pour le dianilide.

Ces deux substances ont été obtenues par G. Perkin et Ch. Kuroda [2]. Nous avons mis au point des méthodes commodes de préparation. Nous avons établi la constitution du dianilide et apporté à fixer celle de l'acide phtalonanilique, des contributions qui seront complétées par des recherches en cours.

[1] Voir nos deux précédentes Communications (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 490 et 713).

[2] *Journ. of the Chem. Soc. of London*, t. 123, p. 2097.

L'acide phtalonanilique (f. 178°) se prépare très aisément par simple broyage au mortier, dans un peu de benzène ou de toluène, de quantités équivalentes d'aniline et d'anhydride phtalonique : la réaction est presque immédiate et quantitative. Il existe d'autres modes de formation de cet acide : nous l'avons obtenu par réaction de l'isocyanate de phényle sur l'acide phtalonique et par l'action des alcalis sur l'anilide α-chlorophtalide carbonique [1]. Perkin et Kuroda le préparaient par ébullition d'une solution chloroformique de l'α-oxy-α-anilinohomophtalanilate d'aniline, lui-même résultant du traitement de l'anhydride phtalonique par un excès d'aniline en milieu benzénique. Nous n'avons jamais retrouvé ce corps dans ces conditions, mais nous avons reconnu qu'un excès d'aniline réagit, à froid, sur l'acide phtalonanilique déjà formé pour donner le dianilide. Pour préparer ce dianilide, le plus simple, comme l'indiquent Perkin et Kuroda, est de dissoudre l'anhydride phtalonique au bain-marie dans un excès d'aniline. Il suffit d'un lavage à l'acide chlorhydrique pour le séparer.

Le dianilide phtalonique fond à 218°. Il est très stable vis-à-vis des acides, et des alcalis dans lesquels il est soluble, s'ils sont concentrés. Par acidification, on le reprécipite inaltéré. Il a certainement une constitution lactonique : d'abord, il ne réagit absolument pas sur la semicarbazide, même après un contact prolongé. D'autre part, l'isocyanate de phényle réagit aisément sur lui, en donnant la phénylurée correspondant à la fonction amine secondaire

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}C\begin{array}{l}\diagup CONH\,C^6H^5\\ -NH\,C^6H^5\end{array}\\ \quad\rangle O\\ CO\diagup\end{array}\right. + C^6H^5NCO = C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}\begin{array}{c}CONH\,C^6H^5\\ |\\ C\end{array}\!\!-\!\!-\!\!-\begin{array}{c}N-C^6H^5\\ |\\ CONH\,C^6H^5\end{array}\\ \quad\rangle O\\ CO\diagup\end{array}\right.$$

Cette phénylurée fond à 203°,5.

Ces arguments sont corroborés par la synthèse de ce dianilide, que nous avons réalisée au moyen de l'aniline et de l'anilide α-chlorophtalide carbonique.

Cette constitution une fois fixée, on voit que l'acide phtalonanilique, dans sa réaction sur l'aniline, réagit comme une oxylactone : le résultat, en milieu benzénique, est toujours exclusivement neutre, c'est le dianilide précédemment étudié. En milieu alcoolique, on obtient, à côté de lui, un

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 713.

peu d'une substance amorphe, donnant des solutions colloïdales, et qui est un acide, dont les analyses répondent à la même composition élémentaire que le dianilide. On peut y voir la phénylinime de l'acide phtalonanilique

$$\left[C^6H^4 \begin{matrix} \overset{NC^6H^5}{\overset{\|}{C}} - CONHC^6H^5 \\ \diagdown CO^2H \end{matrix} \right]^x ;$$

la formation de produits acides ne peut s'expliquer que par la constitution cétonique de l'acide phtalonanilique, mais leur proportion dans les produits de la réaction est très faible.

Des conclusions analogues résultent de la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phtalonanilique. Le plus abondant produit qu'on obtient ainsi est l'anilide α-chlorophtalide carbonique, et cette chloruration correspond à une molécule initiale réagissant comme oxylactone. Mais à côté de cet anilide, on sépare, en petite quantité, de la N-phénylphtalonimide (fusion : 217°, soluble dans le benzène, insoluble dans l'alcool) qui provient d'une réaction de déshydratation, à partir d'une constitution cétonique de l'acide phtalonilique.

Nous conclurons de ces recherches que dans les réactions étudiées l'acide phtalonanilique réagit principalement sous forme oxylactonique; mais, dans une proportion beaucoup plus faible, quoique très nettement, aussi sous forme cétonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires. Préparation et déshydratation du triphényl-*1.1.3*-diméthyl-*2.2*-propanol-*1. Note (1) de Mme **Pauline Ramart**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré précédemment (2) que si l'on déshydrate le diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1 ou si l'on enlève HCl au diphényl-1.1-diméthyl-2.2-chloro-1-propane (3), on obtient dans chaque cas un carbure qui, traité par HCl, fournit le diphényl-2.2-méthyl-3-chloro-3-butane suivant les

(1) Séance du 21 juillet 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1183.
(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1922, p. 684.

schéma :

$$\text{(I)}\quad (C^6H^5)^2{=}\underset{\underset{\text{ClH}}{|}}{C}-C-C{\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}}\begin{matrix}-H^2O\\+HCl\end{matrix}\searrow$$

$$\begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-\underset{\underset{\text{Cl}}{|}}{C}{<}\begin{smallmatrix}CH^3\\ CH^3\end{smallmatrix}$$

$$\text{(II)}\quad (C^6H^5)^2\underset{\underset{\text{Cl}}{|}}{C}-C{\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}}\begin{matrix}-HCl\\+HCl\end{matrix}\nearrow$$

En ce qui concerne le mécanisme de ces transformations on peut admettre dans les deux cas la formation transitoire d'un carbure triméthylénique.

On peut également concevoir un échange préalable de radicaux. Pour (I), il y aurait échange entre un (OH) et un radical $-CH^3$, puis déshydratation :

$$(C^6H^5)^2\underset{\underset{\text{OH}}{|}}{C}-C{\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}} \rightarrow \begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-C{\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown OH\end{smallmatrix}}-H^2O$$

$$\rightarrow \begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-C{<}\begin{smallmatrix}{=}CH^2\\ CH^3\end{smallmatrix}+HCl \rightarrow \begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-\underset{\underset{\text{Cl}}{|}}{C}{<}\begin{smallmatrix}CH^3\\ CH^3\end{smallmatrix}.$$

Pour (II), l'échange se ferait entre l'atome de Cl et un radical $-CH^3$; ensuite aurait lieu le départ de HCl :

$$(C^6H^5)^2\underset{\underset{\text{Cl}}{|}}{C}-C{\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}} \rightarrow \begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-C{\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}}-HCl$$

$$\rightarrow \begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-C{<}\begin{smallmatrix}{=}CH^2\\ CH^3\end{smallmatrix}+HCl \rightarrow \begin{smallmatrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{smallmatrix}{>}C-\underset{\underset{\text{Cl}}{|}}{C}{<}\begin{smallmatrix}CH^3\\ CH^3\end{smallmatrix}.$$

Seule, l'identification complète du carbure aurait pu permettre de donner une préférence soit à l'une, soit à l'autre de ces deux hypothèses. Malheureusement, j'ai rencontré de grandes dificultés, lorsque j'ai voulu faire cette identification.

Afin d'élargir et de compléter cette étude, je me suis adressée à des molécules de même structure, mais susceptibles de donner des carbures cristallisés, ce qui a permis de déterminer leur constitution d'une façon très précise.

La présente Note a pour but d'exposer la préparation du triphényl-1.1.3-

diméthyl-2.2-propanol-1, ainsi que l'étude des carbures qui en dérivent par perte d'eau.

Triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1. — Cet alcool a été obtenu en faisant agir le bromure de phénylmagnésium sur la benzyldiméthylacétophénone. Il fond à 100°-101°, cristallise en petits cristaux très solubles dans l'éther, l'alcool chaud, moins solubles dans l'alcool froid, et distille à 280° sous 25^{mm} sans se décomposer.

Traité par le chlorure de thionyle, il donne un chlorure auquel l'analyse assigne la formule du triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-chloro-1-propane

$$(C^6H^5)^2C(OH)-C(CH^3)_2-CH^2C^6H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2C(Cl)-C(CH^3)_2-CH^2C^6H^5$$

Déshydratation du carbinol précédent :

1° *Au moyen d'un mélange d'anhydride acétique et de chlorure d'acétyle.* — La déshydratation a été faite en chauffant plusieurs heures à l'ébullition l'alcool additionné de chlorure d'acétyle et d'anhydride acétique. Après avoir isolé le produit de déshydratation, il a été soumis à une série de cristallisations fractionnées. On recueille d'abord un produit fondant à 110°. Dans les eaux mères se sont ensuite déposés des cristaux fondant aux environs de 80°. Ces cristaux étaient constitués par un mélange du carbure fondant à 110° et d'un autre carbure fondant à 89°-90°. La séparation de ces deux carbures a été très laborieuse.

L'analyse assigne à chacun d'eux la formule $C^{23}H^{22}$ qui correspond au produit de déshydratation du triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1.

Ces deux carbures décolorent très difficilement le brome. Soumis à l'oxydation chromique et à l'oxydation permanganique le composé, fondant à 110°, a été en grande partie régénéré.

Si l'on traite le carbure fondant à 89°-90° par de l'acide bromhydrique en solution acétique, il se transforme en grande partie en son isomère fondant à 110°.

2° *Déshydratation par la chaleur en présence d'agglomérés de terre d'infusoires.* — On a fait passer les vapeurs d'alcool sur de la terre d'infusoires portée à une température d'environ 300°-350° sous une pression de 25^{mm}. Le produit de la réaction a ensuite été soumis à la distillation fractionnée et l'on a isolé :

1° de l'isobutylbenzène bouillant à 171° sous 760^{mm};

2° de la benzophénone caractérisée par son oxime fondant à 139°;

3° du carbure fondant à 110°.

Les deux premiers produits sont prépondérants. L'alcool sous l'action de la chaleur s'est donc en grande partie scindé en isobutylbenzène et benzophénone :

$$(C^6H^5)^2C(OH)-C(CH^3)_2-CH^2-C^6H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2=C=O + (CH^3)^2=CH-C^6H^5.$$

En résumé, j'ai montré : 1° que le triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-pro-

panol-1 sous l'influence de la chaleur peut se scinder en isobutylbenzène, benzophénone et carbure fondant à 110°; 2° que, déshydraté au moyen du mélange chlorure d'acétyle et anhydride acétique, il donne naissance à deux carbures isomères fondant respectivement à 110° et 89°-90°.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'une faille de charriage en Ardenne française.* Note (¹) de M. E. ASSELBERGHS, transmise par M. Barrois.

1. *A l'ouest de la Vrigne*, le synclinal paléozoïque de Charleville est subdivisé en deux synclinaux secondaires dont les noyaux sont formés des quartzophyllades calcareux du Hunsruckien inférieur. Ces synclinaux sont séparés par une voûte plissée formée de phyllades et de quartzophyllades bleus avec lentilles de grès-quartzite du Taunusien. A l'ouest de la Meuse, les couches taunusiennes se continuent vers le Nord et vers le Sud avec des couches à caractères identiques qui appartiennent aux flancs septentrional et méridional du grand synclinal. Le Taunusien est flanqué, de part et d'autre, par des couches gedinniennes. Au Nord, on trouve successivement les schistes et quartzophyllades verts (Assise de Saint-Hubert) et les schistes bigarrés (Assise d'Oignies) du Gedinnien supérieur, enfin les phyllades fossilifères (Assise de Mondrepuis) du Gedinnien inférieur avec arkose et poudingue à la base. Par contre, au Sud, la succession des couches gedinniennes présente des anomalies par suite de l'existence d'une ou de plusieurs failles qui refoulent successivement sur le Taunusien les assises inférieures du Gedinnien.

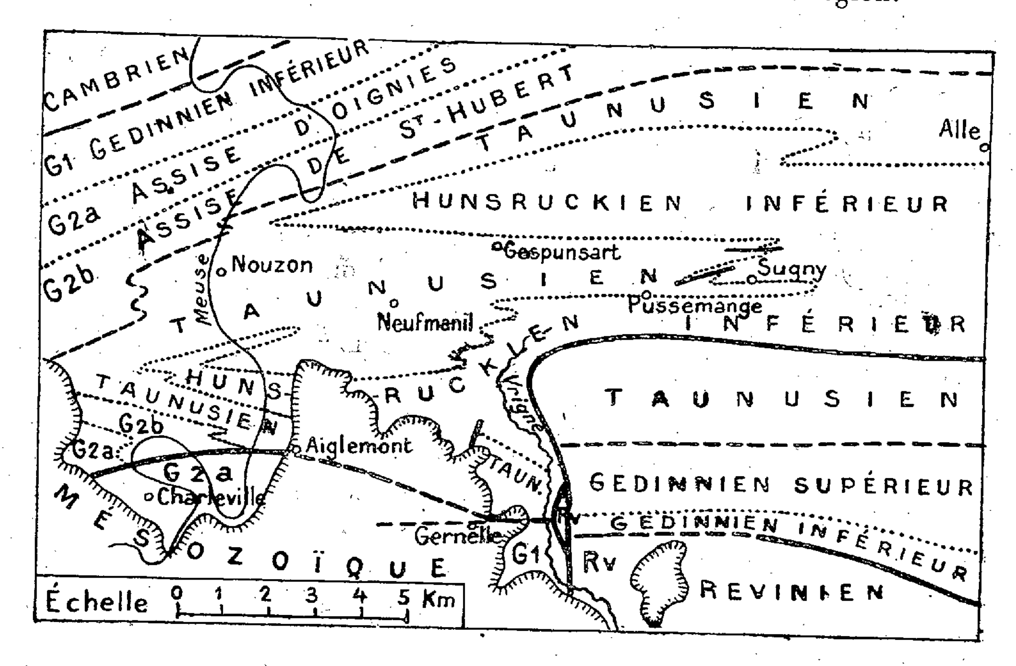
2. *A l'est du méridien de la vallée de la Vrigne*, il importe de distinguer la région septentrionale qui s'étend aux environs de Gespunsart et Sugny, de la région méridionale où s'observe un phénomène tectonique très important, dont la véritable signification a été méconnue jusqu'ici.

Dans la région septentrionale, les allures observées plus à l'Ouest se continuent régulièrement. L'anticlinal taunusien de Neufmanil, déjà fortement rétréci, disparaît à Sugny sous le Hunsruckien inférieur qui formera le noyau, désormais unique, du grand synclinal jusqu'à Cugnon.

Dans la région méridionale, un accident tectonique, transversal en apparence, fait buter les couches, que nous avons décrites à l'ouest de la Vrigne, contre des couches de nature très différente. Nous étendrons le nom de

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

« Massif de Givonne » à ce massif Est, parce qu'il fait corps avec le Cambrien de ce nom. Au Nord des phyllades bleus et quartzites pyriteux du Revinien de Givonne, on voit des quartzophyllades bleus et verts, des schistes bleus et parfois violacés, qui, avec leur poudingue siliceux de base, constituent le Gedinnien inférieur. Puis vient une épaisse série de schistes parfois noduleux, de teintes gris verdâtre, verte et violacée, avec quartzophyllades et grès, où il est impossible de distinguer l'assise d'Oignies de l'assise de Saint-Hubert, mais dont l'ensemble représente tout le Gedinnien supérieur; car à ces couches succèdent régulièrement les phyllades et quartzophyllades bleus avec quartzites du Taunusien de la région.



Cet accident transversal ne peut se prolonger vers le Nord, et, comme il ne peut s'arrêter court, il faut nécessairement admettre qu'il se recourbe vers l'Est. Dans cette direction il viendrait se relier à la zone failleuse que nous avons décrite, en Belgique, sous le nom de *Faille d'Herbeumont* (¹) dans les régions de Bouillon, Herbeumont et Straimont, et qui sépare l'anticlinal de Givonne du prolongement du synclinal de Charleville. L'affleurement de la faille d'Herbeumont se recourberait donc brusquement vers

(¹) *Bull. Soc. Belge Géol.*, t. 31, 1921, p. 120.

le Sud aux abords de la Vrigne, pour disparaître bientôt sous le Lias du Bassin de la Lorraine.

L'importance du chevauchement qui a refoulé le massif de Givonne sur le synclinal de Charleville ressort déjà de la différence accentuée des facies du Gedinnien. Mais le levé détaillé semble prouver que le rejet est bien plus grand encore qu'on ne pourrait le soupçonner à première vue. De la présence d'un petit lambeau de poussée qui sépare localement les deux massifs et qui est constitué, en majeure partie, de quartzites et phyllades reviniens, nous pouvons conclure que la partie qui nous est conservée du « Massif de Givonne » occupait primitivement le flanc Sud d'un synclinal séparé du synclinal de Charleville par un anticlinal cambrien. Si l'on admet nos conclusions, on sera amené à attribuer une valeur minima de 10^{km} au rejet horizontal de la faille d'Herbeumont, dans la région de la Vrigne.

GÉOLOGIE. — *Géologie du Haut Guir et de la Moyenne Moulouya.* Note (¹) de M. **J. Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

La région du Haut Guir est restée la moins connue des géologues dans le Maroc occupé. Bien des surfaces sont, du reste, encore blanches, aux confins du versant moulouyen, sur les cartes topographiques.

J'ai récemment parcouru les feuilles au 1/200 000ᵉ de Bou Anane, Bou Denib, Rich, Anoual et les portions adjacentes de Ksabi, Matarka. Des terrains primaires s'y montrent, qui peuvent appartenir au Cambrien, à l'Ordovicien et au Gothlandien. Le Dévonien n'est pas caractérisé ; le Carbonifère est relégué au sud. Le Permien et le Trias apparaissent çà et là. J'ai aussi distingué une série liasique et une série oolithique, concordantes et associées. Le Cénomanien inférieur se présente ensuite, en large transgression, supportant une série crétacée complète jusqu'au Campanien et, peut-être, au Maëstrichtien.

On voit, par cette simple énumération, combien de faits nouveaux importants révèle l'étude du pays entre Guir et Moulouya.

Les affleurements siluriens du Tamlelt se poursuivent à l'ouest jusqu'au Bateun Djedari. Ils disparaissent sous les imposantes corniches calcaires (Lias moyen) du Talmeust, du Khellalib et du Korima. Ici commence le *pays jurassique*. Il se limite au sud, d'abord par une ligne droite est-ouest,

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

allant de l'oued Bou Anane au delà du Guir (de Kçar el Akhal à la gorge sud de Kadoussa), puis par le pied méridional de l'énorme Djebel Daït, réédition du Grouz de Figuig. La direction, désormais franchement oblique sur le méridien, se poursuit par delà l'oued Ziz.

Au nord, la limite du territoire jurassique avoisine le partage des eaux de la Moulouya.

Le *Lias moyen*, transgressif, forme depuis le Khellalib le dôme-plateau du Bou Dahar, puis de nombreuses crêtes rocheuses, en anticlinaux aigus brusquement ennoyés, se reliant en coulisses multiples aux lignes flexueuses diversement orientées. Le *Lias supérieur* enveloppe toujours ces plis, périclinalement. Les fossiles sont exclusivement néritiques, d'eaux profondes : céphalopodes et brachiopodes.

Le Lias moyen se distingue par de gros bancs calcaires, gris ou noirs, rarement clairs à l'intérieur, mais presque toujours patinés et prenant à distance une teinte d'ocre pâle. Il donne lieu à des arêtes culminantes denticulées, sauf sur le Bou Dahar, plat comme une table, et dans les corniches subhorizontales du bord ouest du Tamlelt. Au Lias supérieur, en lits innombrables de calcaires et marnes, correspondent des formes topographiqnes amollies, vêtues d'alfa.

J'attribue au *Bajocien* un grand ensemble marneux, occupant toutes les dépressions et admettant quelques horizons calcaires qui fournissent des lignes structurales.

Au *Bathonien* appartient une nouvelle série rocheuse, dont les bancs épais, gris ou noirs, sans patine, ont souvent une texture oolithique. On y observe aussi des lumachelles et des conglomérats à petits éléments calcaires. Il est conservé en des synclinaux en relief, dont les marnes bajociennes constituent les flancs ravinés. Tels sont : le Tisidat, le Maharech et le Mdaouer, le grand « milok » de Toulal et un autre, à structure plus complexe, s'étendant entre Gourrama et Rich : le Bou Kandil en représente le bord sud redressé. Les tables des « gour » de Gourrama sont de minuscules résidus bathoniens. L'ablation est devenue totale au sommet du cône du Guelb et Tour. Enfin, à la limite méridionale, le plateau bathonien de Hassi el Khadra présente une brusque flexure qui forme une véritable « muraille saharienne » s'allongeant sur plus de 80^{km}.

Le *Paléozoïque* ressort dans le Haut Guir : dès la gorge de Mougueur où une trace de Permo-Trias sépare les schistes satinés (cambriens?) des masses liasiques formant l'Assameur n'Oudaden et le Bou Chabane. Le *Trias* bariolé, gypsifère, avec ophites, se développe, à sa place normale,

dans divers autres cirques des Aït Mesrouh. En outre, il offre çà et là de minuscules *pointements intrusifs :* Aïn Timiloust, entre Gourrama et Rich (dans le Bajocien); Teniet Afra (Salines de Mellaha, dans le Lias moyen); 3^{km} ouest de Talsint (dans le Lias supérieur, vers la limite du Bajocien).

La *transgression mésocrétacée* se manifeste, comme à l'ordinaire, par des terrains rouges détritiques, d'aspect continental. Au sud, deux séries semblables sont séparées par des marnes et calcaires blancs à *Exogyra Olisiponensis* et *Sphœrulites*. Ce *Cénomanien* franc, fossilifère, forme les gorges du Ziz entre Meski et Aoufous; puis, les grands plateaux de Tazzouguert avec leur curieuse flexure méridionale. Il s'amincit à l'est, pour disparaître à la Chebka el Hamra (7^{km} nord-ouest de Bou Anane). En cet endroit les deux séries rouges se fusionnent.

Cette disposition lenticulaire du Cénomanien calcaréo-marneux fixe l'âge du *Terrain des Gour* de Bou Denib (Cénomanien supérieur) et de la Hammada du Tafilalet (Turonien). Il faut renoncer à la notion du *Mio-Oligocène* continental de Flamand.

Les deux séries rouges se retrouvent au nord, moins chargées d'éléments clastiques volumineux. La série supérieure renferme des lentilles de gypse blanc. Les marnes et calcaires à *Ostrea Olisiponensis* forment le Tioudersine et le Msenn (reliés sans discontinuité à travers le vide des cartes topographiques). Au-dessus de la série rouge gypsifère on observe non seulement du *Turonien* (correspondant à la table culminante de Tendrara), mais encore, plus haut, une puissante succession de marnes et calcaires d'âge *sénonien*. Aux Gour ou Allah, près Tarifia, abonde *Lopha Pomeli* caractéristique du *Campanien*.

Conformément à ce que j'avais annoncé dès 1921, le Crétacé occupe tout le pays rive droite de la Moyenne Moulouya. Les affleurements jurassiques se limitent à la ligne : Bertat, ruines d'Aguelmous, flanc nord de l'Oum Chakkourt, Matarka. Ils réapparaissent, au cœur de dômes cénomaniens, à Meridja Foukania (SE feuille Ksabi) et à Sidi Bou Sila (SO feuille Matarka).

Au Foum el Msenn le Cénomanien inférieur empiète sur le versant saharien. Il remplit, au nord et au sud d'Anoual, deux grands synclinaux bathoniens. Ainsi débute la vaste zone crétacée du Dahra et du Tigri. Les calcaires intercalaires, semblables à ceux de Tazzouguert, du Tioudersine, du Msenn, forment le « milok » du Dir el Abiod et les hautes corniches du Menisbat (bord de cuvette de Bel Ghiada) qui nous ramènent au Tamlelt.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les zones de silence*. Note de M. L. **Gazaud**, présentée par M. Bigourdan.

Les observations faites à la Station de l'Étoile (650^{m} d'altitude), à 10^{km} au nord de Marseille, nous semblent susceptibles d'apporter dès maintenant une première contribution à l'étude des zones de silence.

Les explosions de la Courtine ont donné lieu à l'Étoile à une série d'observations à la date des 15, 23 et 25 mai dernier. L'auditivité par la voie directe a été nettement négative, aucun son n'a été enregistré aux heures prévues par le calcul. Il faut en conclure que la région de Marseille, à 360^{km} du centre d'explosion, se trouve dans une zone de silence.

Il en est de même pour Montpellier, où les expériences ont été suivies avec assiduité. Cependant, et avec des retards sur l'horaire prévu, l'explosion du 15 mai a été enregistrée très nettement à ces deux stations de l'Étoile et de Montpellier, mais par une voie détournée et avec un retard dans la transmission normale, correspondant à des circuits supplémentaires respectifs de 90 et 135^{km}.

La longueur de ces circuits exclut toute possibilité de transmission du son par la stratosphère, car il est évident que les ondes sonores n'ont pu atteindre des régions où la pression atmosphérique équivaut au vide de nos machines pneumatiques, et s'infléchir ensuite vers le sol avec assez d'intensité pour y être perçues par l'oreille, au même titre que des sons normalement transmis au travers de la troposphère. L'ordre de grandeur des retards observés élimine donc, semble-t-il, la possibilité d'une transmission verticale, et nous sommes amenés à considérer la transmission comme seulement possible par un circuit latéral au travers de la troposphère.

Nous avons eu la bonne fortune de constater visuellement le 15 mai entre 19 et 20^{h}, l'existence d'une masse épaisse de cumulus surplombant les massifs du Ventoux et des Basses-Alpes sur une grande longueur. Cette masse formait un obstacle matériel parfaitement capable de réfléchir les trains d'ondes sonores, émis au foyer de la Courtine, et par la disposition de ses nuées en arc de cercle, de collecter les ondes réfléchies en les renforçant, amplifiant le son, le rendant ainsi perceptible à l'oreille.

Un calcul très simple nous a permis la construction d'un graphique déterminant la trajectoire de la ligne brisée parcourue par les ondes et fixant la position précise des angles de réflexion. Dans les deux cas étudiés, ces angles se trouvent, pour l'Étoile, l'un au confluent de la Durance et de la

Bléone, l'autre en pleine mer; et pour Montpellier, l'un sur le versant nord-ouest du mont Ventoux, l'autre au col de Naurouze.

L'observation directe et le calcul s'accordent pour élucider de façon satisfaisante ce cas intéressant de réflexion des ondes sonores par des masses nuageuses.

De ce qui précède, on peut semble-t-il conclure :

1° La zone d'audition directe, concentrique à un foyer d'émission sonore, présente une extension très limitée;

2° La zone qui lui succède est alternativement région d'audition ou de silence, selon l'état du ciel, la présence ou l'absence de nuages élevés et compacts, ou d'un plafond de nuages.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les courants de perturbations et le front polaire*. Note (¹) de MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

(Abréviations employées : anticyclone Atlantique (A); anticyclone Russe (R); anticyclone scandinave (S); F ou M courant de perturbation; N Nord, E Est, S Sud, W Ouest.)

L'étude des trajectoires des perturbations atmosphériques a été longtemps compliquée par : 1° l'abus des moyennes; 2° l'assimilation de la perturbation au minimum de pression. Teisserenc de Bort a dissipé la première erreur en montrant qu'il ne fallait pas composer brutalement les éléments météorologiques, que seuls étaient comparables ceux qui se rapportaient à un même type de temps (répartition des centres d'action). La deuxième erreur est non moins grave : elle amène la confusion des dépressions mobiles, traces de perturbations, et des zones dépressionnaires fixes (centres d'action négatifs); d'où les « crochets » apparents des trajectoires des perturbations si l'on suit aveuglément le centre de plus basse pression. Ces irrégularités disparaissent si l'on sépare les perturbations du champ en utilisant les *variations de pressions;* en outre leur emploi, joint à celui de *systèmes nuageux* et des *discontinuités frontales*, met en évidence un déroulement continu de hausses et de baisses suivant des trajectoires qui se maintiennent sensiblement tant que le type de temps ne change pas. *Les courants de perturbations* apparaissent ainsi nettement (²). En Europe on distingue :

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

(²) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Sur le mouvement des noyaux de variations de pression* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1001).

1° $\overrightarrow{F}$, d'W qui longe (A) au N (*fig.* 1). En abordant l'Europe $\overrightarrow{F}$ se scinde généralement en $\overrightarrow{F'}$ et $\overrightarrow{F''}$ d'importances relatives très variables : *a.* $\overrightarrow{F'}$ est détourné vers le S par la pointe de (A) et laisse (R) à sa gauche : *b.* $\overrightarrow{F''}$ est dirigé vers le N par la dépression glaciale et laisse (R) à sa droite; si le passage arctique est barré par jonction des hautes pressions russes et polaires, $\overrightarrow{F''}$ peut même être infléchi jusqu'à retourner — en s'affaiblissant — vers l'W;

2° $\overrightarrow{M}$ qui longe (A) au SE; $\overrightarrow{M}$ est soit de SW sur l'Europe Occidentale (*fig.* 1) remontant rarement au delà du 45° N (exceptionnellement — février 1923 — jusqu'au Danemark), soit d'W sur la Méditerranée,

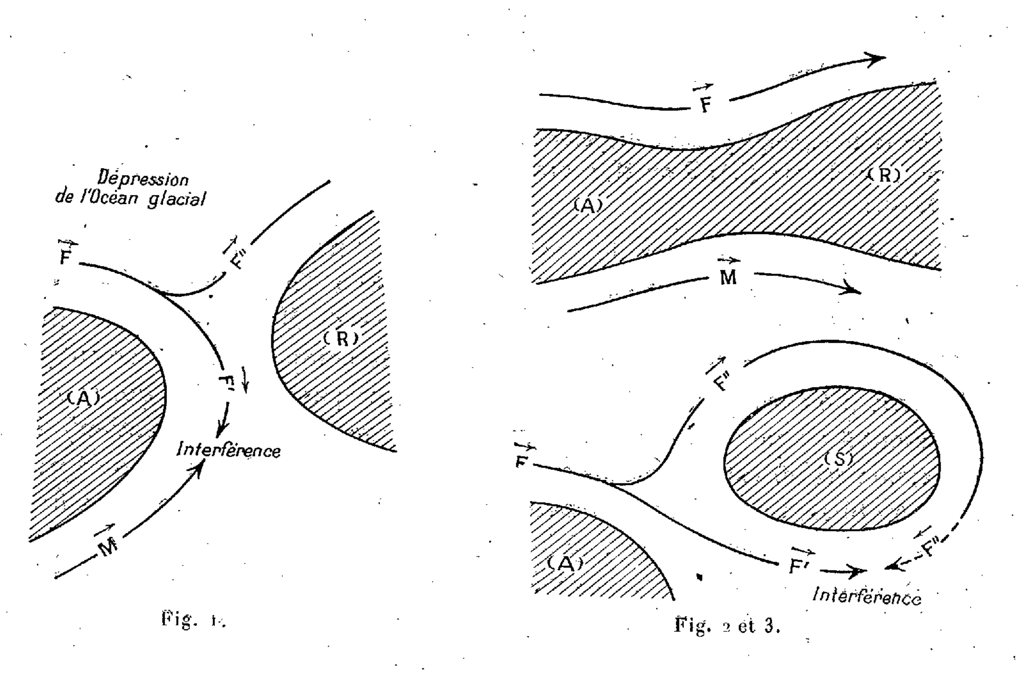


Fig. 1.

Fig. 2 et 3.

(*fig.* 2), une bande anticyclonique joignant alors (R) à (A). La demi-période de $\overrightarrow{M}$ est souvent élevée, voisine de 48 heures. Une grande partie des systèmes orageux de France est due à $\overrightarrow{M}$.

Ces courants, plus ou moins accentués, *interfèrent* souvent : $\overrightarrow{F'}$ et $\overrightarrow{F''}$ (*fig.* 3) en Europe Centrale ou Orientale, après avoir contourné (S) de part et d'autre, $\overrightarrow{F'}$ et $\overrightarrow{M}$ (*fig.* 1) en Europe Méridionale ou Centrale (cas très fréquent si le col anticyclonique entre (A) et (R) n'est pas trop élevé).

$\vec{F}$ correspond évidemment au front polaire. Tantôt il se prolonge normalement vers l'Europe Septentrionale, $\vec{F''}$ étant prépondérant, tantôt il est « déversé » vers le S, $\vec{F'}$ dominant (type à couloir). Le plus souvent d'ailleurs $\vec{F'}$ et $\vec{F''}$ sont d'importances inégales mais comparables (1). En ce cas on peut admettre parfois (2) que, les secteurs chauds des cyclones étant étranglés [séclusion (3)], $\vec{F'}$ est formé par les « gouttes » chaudes détachées et $\vec{F''}$ par les « racines » chaudes. Souvent, par contre, cette explication n'est pas valable et il faut considérer $\vec{F'}$ et $\vec{F''}$ comme indépendants, car :

1° Les perturbations de $\vec{F'}$ et $\vec{F''}$ *évoluent indépendamment*, des perturbations de $\vec{F'}$ accomplissant un cycle complet : étranglement du secteur chaud (séclusion), disparition au sol du secteur chaud [occlusion (4)] et régénération (avec « décrochage » brusque de la baisse) sans affaiblissement corrélatif des homologues de $\vec{F''}$ (la survivance des perturbations de $\vec{F''}$ semble due à une régénération dans les parages de l'Islande).

2° Quand la Scandinavie est recouverte par un anticyclone (S) isolé, $\vec{F'}$ et $\vec{F''}$ peuvent *interférer* (*fig.* 3).

$\vec{M}$ *est nettement distinct du front polaire* (5). Toutefois celui-ci, dont l'action peut se faire sentir jusqu'au voisinage de l'équateur, commande la « mise en marche » de $\vec{M}$ qui est généralement précédée d'une forte invasion d'air polaire venant rafraîchir (A). Pour rattacher $\vec{M}$ au front polaire, il faudrait le considérer comme constitué par des formations successives « en vague » [c'est-à-dire par pénétration d'une langue d'air tropical dans la masse d'air polaire arrière d'une perturbation à la fin d'une famille (6)],

(1) De Tastes a bien mis en évidence l'importance et la fréquence de ce courant « dérivé » ou de « retour ».

(2) Cf. Wehrlé, *Bulletin mensuel de l'Office national météorologique*, janvier 1923, p. 2.

(3) Cf. J. Bjerknes et H. Solberg, *Mémorial de l'O. N. M.*, n° 6, p. 86.

(4) *Loc. cit.*

(5) Marié-Davy (*Les mouvements de l'atmosphère*, 2e édition, 1877, p. 409 et suiv.) avait nettement distingué $\vec{M}$ de $\vec{F}$.

(6) Cf. J. Bjerknes et H. Solberg, *loc. cit.*, p. 91.

explication tout à fait insuffisante car : 1° $\vec{M}$ existe *presque constamment* sous forme atténuée ; 2° son fonctionnement intensif *peut persister très longtemps*, jusqu'à 2 semaines. On observe alors une longue coexistence stable de deux courants de perturbations étagés en latitude, soit que $\vec{F'}$ et $\vec{M}$ viennent interférer en Europe (*fig.* 1), soit qu'ils restent parallèles séparés par une bande anticyclonique reliant (R) à (A). (*fig.* 2). *L'interférence* et la *différence des périodes* [1] (la période est le double du temps de substitution d'un noyau de variations de pression au noyau de signe contraire précédent), celle de $\vec{M}$ étant généralement plus longue que celle de $\vec{F}$, marquent souvent très bien l'indépendance mutuelle, au moins pratique, de $\vec{F}$ et de $\vec{M}$.

Les différents courants de perturbations simultanément observables en Europe ne peuvent pas toujours prendre place dans le cadre d'un front polaire unique. *La notion actuelle de front polaire est insuffisante*. Dans une prochaine Note, nous montrerons comment elle doit être *généralisée*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Feuilles vertes et feuilles chlorotiques ; les matières ternaires*. Note de MM. **H. Colin** et **A. Grandsire**, présentée par M. L. Maquenne.

La comparaison a porté principalement sur les feuilles vertes et les feuilles chlorotiques d'un marronnier panaché ; ce choix nous a été dicté par la complexité bien connue des feuilles d'*Æsculus Hippocastanum*. Nous avons recherché et dosé parallèlement les hydrates de carbone, les glucosides, les graisses et les matières pectiques.

I. *Les hydrates de carbone*. — Les feuilles normales adultes, analysées en fin de journée, contiennent toujours de l'amidon ; on y trouve, en outre, du saccharose et des sucres réducteurs. Les feuilles chlorotiques n'ont pas d'amidon ; les sucres y sont bien moins abondants que dans les feuilles vertes, même si l'on tient compte du taux d'hydratation plus élevé de 5 pour 100 environ dans les feuilles étiolées.

---

(1) Cf. Ph. Wehrlé, *Sur la notion de période dans l'étude des noyaux de variations de pression* (*Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 327).

Hydrates de carbone pour 100 *du poids frais.*

v feuilles vertes, *c* feuilles chlorotiques.

	Amidon.		Réducteur.		Saccharose.	
	v.	*c.*	*v.*	*c.*	*v.*	*c.*
7 avril.......	traces	0	0,396	0,350	0,288	0,080
17 avril.......	traces	0	0,480	0,400	0,348	0,160
22 mai.......	1,320	0	0,552	0,256	0,348	0,162
19 juin.......	1,100	0	0,972	0,360	0,300	0,168

Vers le milieu de l'été, il apparaît, dans les feuilles vertes du marronnier, un principe dextrogyre, dont la proportion ne fait qu'augmenter à mesure que la saison s'avance et peut atteindre 0,5 pour 100 du poids frais. Il s'agit d'un sucre non réducteur, donnant de l'acide mucique par oxydation nitrique et très lentement hydrolysé par l'émulsine après action de la sucrase. Rien de semblable ne se produit dans les feuilles chlorotiques qui commencent à se dessécher vers la fin de juin.

Un grand nombre d'analyses effectuées sur les plantes les plus diverses : orme, hémérocalle, plusieurs espèces d'érables, fusain, cornouiller, carotte, etc., nous ont montré que la pauvreté des feuilles chlorotiques en hydrates de carbone est un fait général, qu'il s'agisse de chlorose congénitale ou d'étiolement accidentel; par là, les processus chlorotiques se distinguent nettement des phénomènes de rougissement, les feuilles à anthocyane étant toujours amplement pourvues de sucres. Les dosages ci-dessous sont typiques à cet égard; ils se rapportent à des feuilles de carottes toutes prélevées à la même heure et sur la même parcelle de terrain.

Sucres pour 100 *du poids frais.*

T, R, S : sucre total, réducteur, saccharose.

	Octobre.			Novembre.		
	T.	R.	S.	T.	R.	S.
F. jaunes.....	1,858	0,969	0,889	4,157	1,738	2,419
F. vertes.....	3,194	0,862	2,332	4,428	0,884	3,544
F. rouges	4,470	1,472	2,995	7,030	2,276	4,754

Dans bien des cas, nous avons pu déterminer la composition du mélange des sucres réducteurs présents dans les feuilles. Le glucose est généralement plus abondant à l'intérieur des feuilles étiolées, ce qui paraît conforme aux vues de Brown et Morris, confirmées par MM. Lindet et Molliard, sur le rôle prépondérant du glucose dans les combustions respiratoires. Les

valeurs du quotient $\frac{\text{glucose}}{\text{lévulose}}$ mentionnées ci-dessous sont relatives aux feuilles d'orme :

	Feuilles vertes.	Feuilles chlorotiques.
8 mai	0,323	0,553
30 mai	0,429	0,786
21 juin	0,553	1,199

II. *Les glucosides.* — Les feuilles de marronnier renferment au moins deux glucosides : l'esculine, en combinaison avec les tannoïdes (Goris) et la fraxine. On les rencontre aussi bien dans les feuilles étiolées que dans les feuilles vertes. Faute de pouvoir les doser séparément, nous les avons précipités en bloc par l'extrait de Saturne; régénérés et hydrolysés, ils ont donné du glucose en proportions qui diffèrent à peine d'une catégorie de feuilles à l'autre.

Glucosides (en glucose) (pour 100 du poids frais).

	Feuilles vertes.	Feuilles chlorotiques.
7 avril	0,315	0,385
17 avril	0,386	0,320
22 mai	0,388	0,300
19 juin	0,281	0,228

III. *Les matières grasses.* — Le taux des matières grasses est, lui aussi, sensiblement le même dans les feuilles vertes et les feuilles chlorotiques. L'extraction méthodique des graisses fournit les résultats suivants :

Graisses (pour 100 du poids sec).

	Feuilles vertes.	Feuilles chlorotiques.
17 avril	1,027	0,983
27 avril	1,544	1,490
22 mai	1,558	1,741
19 juin	1,314	1,380

IV. *Les matières pectiques.* — Les principes pectiques sont abondants à l'intérieur des feuilles de marronnier. Ils se dissolvent facilement dans l'eau bouillante et communiquent à la liqueur une grande viscosité. Ils sont précipités par l'alcool, l'hydrate de baryte, l'acétate basique de plomb et coagulés par la pectase de carotte. Hydrolysés, ils livrent de l'arabinose

qui a été caractérisé par son osazone. Les mesures de viscosité, aussi bien que le dosage du sucre réducteur mis en liberté, montrent que la proportion des matières pectiques est notablement plus élevée dans les feuilles normales que dans les feuilles chlorotiques :

Sucre (en glucose) des matières pectiques (pour 100 du poids frais).

	Feuilles	
	vertes.	chlorotiques.
7 avril	0,050	0,036
17 avril	0,054	0,040
22 mai	0,310	0,125
19 juin	0,433	0,085

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches, par une méthode radiochimique, sur la circulation du plomb dans l'organisme.* Note [1] de MM. **I.-A. Christiansen**, **G. Hevesy** et **Sv. Lomholt**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans la séance de l'Académie du 7 avril 1924, nous avons présenté, sur la circulation du bismuth dans l'organisme, quelques recherches effectuées par une méthode radiochimique. Depuis lors nous avons employé la même méthode pour quelques recherches sur la circulation du plomb, dont nous présentons ici les premiers résultats.

Pour l'emploi du bismuth en médecine il est d'une très grande importance de connaître la vitesse avec laquelle le bismuth injecté dans le corps se résorbe et s'élimine. Pour résoudre cette question on peut très bien employer une substance à période assez courte (5 jours), comme le radium E. Il en va tout autrement avec le plomb, puisque en médecine tout l'intérêt de cet élément se concentre sur l'intoxication chronique, qui est régulièrement provoquée par l'absorption de petites quantités de plomb pendant de longs espaces de temps. C'est pourquoi nous avons employé le radium D (période : 20 ans) pour notre étude, tandis que Hevesy pour ses recherches sur la distribution du plomb dans les plantes [2] s'est servi d'un autre isotope de plomb, le thorium B, d'une période de 11 heures seulement.

En raison de ce que le radium D n'émet que des rayons β très mous et

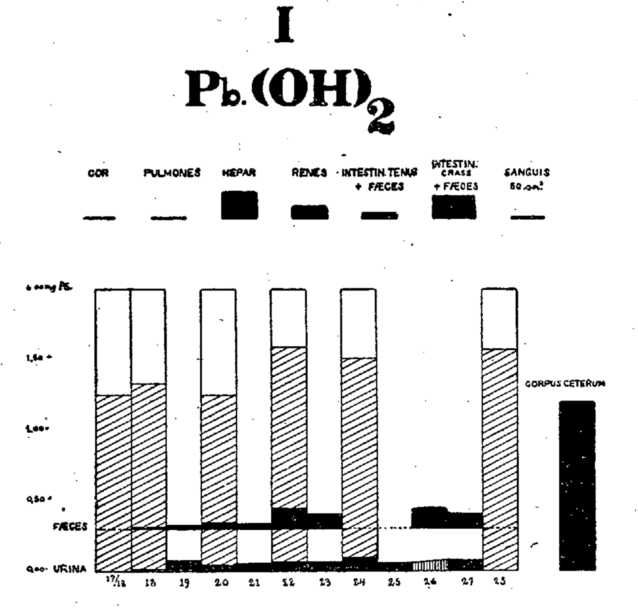
(1) Séance du 21 juillet 1924.

(2) *Biochemical Journal*, t. 17, 1923, p. 441.

difficiles à mesurer à l'électroscope, nous avons évalué le rayonnement β de radium E en équilibre avec le radium D, et, par conséquent nous n'avons mesuré les différents produits de l'analyse qu'au bout de quelques semaines.

Nos essais sont faits sur des lapins et des cobayes. Nous avons légèrement modifié la méthode décrite précédemment : au lieu d'évaporer la solution de la matière organique décomposée à l'aide de l'acide nitrique (ou permanganate de potasse en solution acide), on la dilue, on ajoute 100^{mg} du nitrate de plomb non radioactif, et l'on en précipite du plomb sulfuré. Puis on filtre à la pompe sur un filtre plan, on place le filtre desséché dans la capsule de Petri, et enfin on détermine la radioactivité du dépôt.

Nous présentons ici un seul exemple de nos expériences. L'hydroxyde de plomb employé, mêlé à de l'huile d'olive et à un peu de noir de fumée, contenait une quantité de radium D provenant de la transformation d'une quantité d'émanation correspondant à $\frac{1}{2} - 1$ Curie. Les résultats sont présentés dans le diagramme ci-dessous.



Les hauteurs des colonnes verticales représentent les quantités de plomb injectées par jour ; les hachures de ces colonnes indiquent les quantités trouvées dans les dépôts d'injections correspondantes. Les colonnes supérieures noires représentent les quantités trouvées dans les fèces quotidiennes, et les colonnes inférieures noires représentent les quantités trou-

vées dans l'urine. Les rectangles noirs placés dans la partie supérieure du tableau donnent le contenu des différents viscères.

On verra qu'il y a une différence assez essentielle entre les résultats obtenus avec le bismuth, d'un côté, et le plomb, de l'autre : les quantités de plomb accumulées dans le foie et éliminées par les fèces sont plus grandes, aux dépens des quantités trouvées dans les reins et dans l'urine, qui pour le bismuth joue le rôle principal.

Nous avons retrouvé 90 pour 100 de la quantité de plomb injectée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur les propriétés antiseptiques du houblon.* Note [1] de MM. A. FERNBACH et I. STOLERU, présentée par M. Roux.

Bien que les éléments constitutifs du houblon aient donné lieu à un très grand nombre de travaux, le rôle de cette importante matière première de la fabrication de la bière est loin d'être complètement élucidé. On sait depuis longtemps que le houblonnage du moût contribue à la conservation de la bière, et l'on s'accorde actuellement pour admettre que cet effet dépend de propriétés antiseptiques qui sont en relation étroite avec la présence de résines molles, contenues dans la lupuline. Aussi la teneur en résines molles est-elle devenue un facteur important dans l'appréciation de la valeur d'un houblon, bien que des houblons ayant la même teneur en résines puissent présenter entre eux de très grandes différences de qualité.

Le seul travail dans lequel on ait essayé de mesurer le pouvoir antiseptique du houblon est dû à A. J. Brown [2]. La méthode de mesure employée consiste à préparer, dans des conditions définies et constantes, une décoction de houblon, et à déterminer quel est le volume de cette décoction qu'il faut ajouter dans une macération de malt, préparée à froid, pour empêcher le développement dans ce milieu d'une bactérie que Brown s'est contenté, sans préciser davantage, de dénommer *Bacterium* « *X* », et qui appartient probablement au groupe du *Saccharobacillus Pastorianus* de H. Van Laer.

Nous avons reconnu que cette méthode ne peut donner pratiquement que des résultats vagues et incertains, parce qu'elle néglige un facteur

(1) Séance du 21 juillet 1924.

(2) A. J. BROWN et G. B. WARD, *Journ. Inst. of Brewing*, t. 16, 1910, p. 641. — A. J. BROWN et D. CLUBB, *Ibid.*, t. 19, 1913, p. 261.

extrêmement important, qui est la réaction du milieu. La sensibilité du *Bacterium* « *X* » et des organismes analogues vis-à-vis des décoctions de houblon tient essentiellement au fait que la macération de malt employée a une réaction acide ; si l'on réduit de plus en plus cette acidité, la bactérie devient capable de supporter des doses croissantes de décoction de houblon. Sa sensibilité n'est donc qu'apparente, et, si l'on s'adresse à d'autres bactéries, telles que le *Bac. subtilis* ou le *Bact. coli*, et à d'autres milieux de culture, on retrouve exactement les mêmes faits qu'avec le *Bacterium* « *X* ».

Ainsi les propriétés antiseptiques des décoctions de houblon se manifestent pour des doses très faibles lorsque la réaction des milieux de culture (eau de levure, eau de touraillons, moût de bière) varie entre $P_H = 5,5$ et $P_H = 6,8$; mais, dans ces mêmes milieux, des doses très fortes de décoction restent sans effet lorsque la réaction a été ramenée à $P_H = 7,4 - 8,4$. On arrive même, en présence de cette dernière réaction, à cultiver les diverses bactéries sur lesquelles nous avons expérimenté dans la décoction de houblon elle-même, dont on peut, sans modifier ce résultat, amener la concentration jusqu'à $2^g,5$ dans 100^{cm^3} [1].

On comprend aussi que ce qui empêche la culture en présence d'une dose déterminée d'extrait de houblon, ce n'est pas la quantité d'acide qu'on ajoute au milieu, mais la concentration en ions hydrogène provoquée par cet acide, concentration qui exige l'addition de doses d'acide différentes, suivant la richesse du milieu en substances tampons.

Deux conclusions principales se dégagent des faits qui viennent d'être résumés. Tout d'abord, le pouvoir antiseptique du houblon dépend essentiellement, ainsi qu'on l'a déjà observé pour nombre d'autres substances bactéricides, de la concentration en ions hydrogène du milieu de culture. D'autre part, les faits signalés présentent une importance considérable au point de vue pratique. Les observations les plus récentes ont conduit à attribuer à l'acidité *réelle* de la bière un rôle capital comme facteur de stabilité. Nos expériences montrent que cette acidité est, en outre, une condition indispensable de l'action antiseptique du houblon ; de telle sorte que l'augmentation voulue de l'acidité, dans des limites acceptables, peut permettre une réduction de la dose de houblon, considération qui a, à l'heure actuelle, d'autant plus de valeur que cette matière première est devenue extrêmement coûteuse.

(1) Nous nous sommes assurés que la neutralisation par la soude d'une décoction de houblon ne détruit pas son pouvoir antiseptique, qu'on retrouve intact lorsque la réaction est ramenée à sa valeur initiale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des levures de vin.* Note (¹) de MM. **E. Kayser** et **H. Delaval**, transmise par M. Lindet.

On sait que les qualités du vin dépendent non seulement du cépage, du terrain, mais encore des ferments qui transforment le sucre et des conditions de la fermentation.

Nous avons étudié les ferments qui se trouvent sur le cépage « Breton », fournissant les vins de Bourgueil si renommés par leur parfum spécial.

Nous avons isolé plusieurs races de levures dont quelques-unes provenant de colonies rouge carmin; leur examen microscopique montre souvent des globules rouges, d'autres contenant un corpuscule très réfringent, plus ou moins grand; il y avait deux levures basses *a* forme ronde, *c* forme plutôt ovale, enfin une levure haute *b*; l'aspect des colonies montre tantôt la partie superficielle blanche avec irrisations rouges, tantôt un fond rouge carmin; l'intensité de la pigmentation varie avec l'âge, le milieu de culture, la race considérée; elle est très prononcée avec les sucres peu ou non fermentescibles : le bouillon de haricots prend la couleur d'un vin rouge.

Ces levures se reproduisent par bourgeonnement, ne donnent pas de spores, liquéfient plus ou moins la gélatine; le dépôt a une couleur « lie de vin »; il se forme souvent un anneau rougeâtre et un voile qui se renouvelle plus ou moins vite; leurs dimensions varient entre 2 à 3^{μ} de large jusqu'à $7\text{-}8\text{-}11^{\mu}$ de long; leur pouvoir fermentatif est supérieur à celui des levures apiculées.

Dans la littérature nous avons vu signaler une levure semblable, isolée du jus de raisin par Kramer, une autre isolée d'un moût de pommes par Grosbusch, les nôtres s'en distinguent nettement: il importe de ne pas les confondre avec les levures roses dénuées du pouvoir ferment.

Les trois levures ont fait fermenter le lévulose, glucose, saccharose, mais non le lactose ni raffinose; la levure a fait fermenter le galactose; les levures *a* et *d* le maltose.

La comparaison avec une bonne levure *d* non colorée isolée de la même vendange a montré dans un moût à 19 pour 100 de lévulose ou de glucose les résultats suivants :

Levures	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*
Glucose pour 100 fermenté	30,3	33,7	33,9	89,2
Lévulose pour 100 fermenté	48,3	43,6	54,3	80,6

(¹) Séance du 16 juillet 1924.

Ces levures préfèrent le lévulose au glucose à l'inverse de la levure *d*.

L'un de nous (¹) a déjà montré l'importance de la nature de la matière azotée sur l'éthérification; les levures colorées y sont également très sensibles comme le montre l'essai fait avec un milieu artificiel additionné de sulfate d'ammoniaque ou d'asparagine à teneur azotée égale; tout est rapporté au litre.

	Levure *b*		Levure *d*	
	avec sel ammoniacal.	asparagine.	avec sel ammoniacal.	asparagine.
Acides volatils en acide sulfurique..	0^g,127	0^g,190	0^g,762	1^g,099
Éthers volatils en acide sulfurique..	0,357	0,503	0,014	0,064
Alcool.........................	traces	1°,2	4°,9	2°,4

L'essai montre encore que la levure *b* donne beaucoup plus d'éthers que la levure énergique *d*.

Ces résultats sont corroborés par les deux essais suivants :

A, moût artificiel contenant tous les éléments du jus de raisin;

B, jus de raisin.

Moût A.	Levure *d*.	Levure *a+b+c*.	Levure *a+b+d*.
Acides volatils en SO^4H^2..................	0^g,676	0^g,202	0^g,615
Éthers volatils..........................	0,035	0,140	0,072
Alcool.................................	11°,4	4°,2	11°,1

Moût B.	Levure *a*.	Levure *b*.	Levure *c*.	Levure *d*.	Levure *a+b+c+d*.
Acidité volatile......	0^g,226	0^g,113	0^g,392	0^g,934	0^g,266
Éthers volatils.......	0,087	0,100	0,151	0,027	0,064
Alcool..............	3°,93	2°,4	4°,34	13°,64	13°,4

Le rapport entre $\frac{\text{acidité volatile}}{\text{éthers volatils}}$, très élevé pour la bonne levure *d*, devient faible pour les levures à pigmentation rouge, parce qu'elles forment plus d'éthers.

L'étude des acides volatils combinés a fourni :

$$\frac{1 \text{ Ac. valérianique}}{10 \text{ Ac. acétique}} \text{ (pour } d\text{)}, \qquad \frac{1 \text{ Ac. valérianique}}{5 \text{ Ac. acétique}} \text{ (pour } a, b, c\text{)};$$

il y a une plus forte quantité d'acide valérianique, il se peut que les alcools supérieurs diffèrent également.

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 185.

Il est fort probable que la présence de ces levures a une grande importance sur les qualités du vin; nous compléterons ces recherches à la prochaine vendange.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'appauvrissement du lait en acide carbonique par la pasteurisation usuelle à l'air libre. Avantage du traitement en circuit fermé.* Note [1] de MM. **Henri Stassano** et **A. Rollet**, transmise par M. Lindet.

Il nous a paru d'un certain intérêt de reprendre, d'une façon méthodique et précise, l'étude des gaz du lait, à l'égard de la physiologie et de l'hygiène aussi bien que de l'industrie laitière.

Nous avons adopté les procédés de la Chimie générale : extraction à la trompe et analyse volumétrique, par la soude et l'hydrosulfite, des gaz recueillis sur la cuve à mercure, dans des éprouvettes finement graduées (Baudin), permettant la lecture du $\frac{1}{50}$ de centimètre cube; élimination de tout autre mode de jonction que la soudure sur verre entre les différentes parties de l'appareil d'extraction et la trompe elle-même : une trompe à chute continue de mercure.

L'appareil d'extraction se compose de deux parties : la fiole de dégagement gazeux et, au-dessus, l'organe de condensation de la vapeur d'eau et de liaison à la trompe. La fiole, de forme cylindrique, dans laquelle le lait est traité, a la capacité de 250^{cm^3} environ et est à doubles parois. Une circulation de vapeurs d'acétone chauffe le lait pendant l'extraction d'une façon modérée et constante (55°).

Le volume du lait aspiré dans la fiole varie d'une opération à l'autre, de 120 à 150^{cm^3}. Il est déterminé très exactement par pesée indirecte. Les valeurs réelles des gaz extraits et analysés, après les corrections de rigueur, sont rapportées par le calcul au volume de 100^{cm^3} de lait.

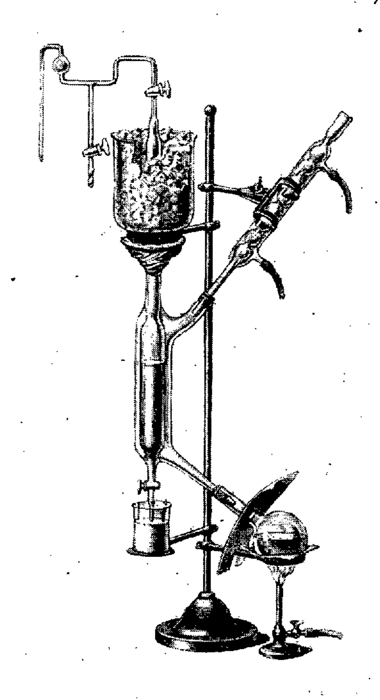
La durée adoptée pour toutes les extractions est de 2 heures précises, bien que le dégagement gazeux apparaît terminé en 1 heure. L'extraction des gaz est certainement complète au bout de 2 heures. Nous nous sommes assurés, d'autre part, en traitant le lait, en fin d'opération, par de l'acide sulfurique 2 *n*, qu'il n'y restait plus d'acide carbonique.

Dans cette Note nous nous bornons à faire connaître les résultats que

(1) Séance du 7 juillet 1924.

nous avons obtenus en étudiant comparativement l'action du chauffage par les deux principaux procédés usuels de pasteurisation et par le procédé plus récent de la couche mince, vis-à-vis de l'acide carbonique du lait. On sait déjà que la pasteurisation courante fait perdre au lait beaucoup de cet élément nécessaire pour y maintenir à l'état soluble — et par conséquent, assimilable — les sels de chaux et les phosphates.

D'une même cuve de 1000 à 3000 litres de lait, constituant une remar-



quable moyenne de la production d'une même heure de traite, ont été prélevés les volumes importants de lait que nous avons chauffés simultanément par ces différents procédés. Cela nous a permis, dans la plupart des cas, de n'avoir à examiner qu'un seul échantillon de lait cru comme témoin des trois types de laits pasteurisés.

Dans le tableau qui accompagne cette Note sont consignés les résultats obtenus, répartis en quatre groupes. Le premier concerne les laits crus témoins; le deuxième, les laits pasteurisés par le procédé dit de *Pasteurisation basse :* le lait, porté dans un pasteurisateur usuel à 63°, est maintenu à cette température pendant 25 minutes, au lieu d'être refroidi immédiatement après; le troisième, les laits traités par le procédé le plus généralement employé dit de *Pasteurisation haute* où le lait est porté, en moins

d'une minute, par les mêmes appareils de chauffage, à une température plus élevée, entre 80° à 95° (nos échantillons l'ont été à 95°), et refroidis ensuite; et, enfin, le quatrième groupe concerne le traitement en couche mince, à 75°, pendant 10 secondes, qui vient d'être mis au point. Ce procédé n'est que l'application à la simple pasteurisation de la méthode de stérilisation des liquides en circulation continue, dont l'un de nous est l'auteur [1].

Laits crus témoins.

Date.	N° du lait.	Volume total.	CO^2.	O^2.	N^2.
15 février......	1	7,64	4,84	0,33	2,47
16 »	2	6,29	3,52	0,33	2,44
17 mars.......	3	4,42	2,37	0,58	1,47
18 »	4	6,29	4,235	0,585	1,47
21 »	5	6,62	4,21	0,675	1,735
26 »	7	6,89	5,185	0,14	1,565
4 avril........	8	6,40	4,495	0,50	1,405
12 »	9	6,535	4,67	0,485	1,38
28 mai........	11	7,46	5,91	0,14	1,41
12 juin........	12	6,255	4,355	0,41	1,49
13 »	13	6,34	4,545	0,345	1,45
23 »	14	6,57	3,865	0,56	2,145

Laits pasteurisés correspondants.

Date.	N° du lait.	Volume total.	CO^2.	O^2.	N^2.
Pasteurisation basse à 63°.					
17 mars.......	3	3,78	1,265	0,71	1,805
26 »	7	3,79	1,67	0,68	1,44
12 avril.......	9	3,195	0,805	0,75	1,64
13 juin........	13	3,885	0,79	0,58	1,515
Pasteurisation haute à 95°.					
17 mars.......	3	2,67	0,30	0,755	1,615
12 avril.......	9	2,97	0,53	0,765	1,675
23 juin........	14	2,875	0,61	0,665	1,60
Pasteurisation en couche mince à 75°.					
15 février......	1	6,77	4,88	0,31	1,58
12 avril.......	9	5,675	3,81	0,51	1,355
12 juin........	12	5,825	4,19	0,255	1,38
23 »	14	5,865	3,820	0,395	1,65

Les volumes des gaz extraits sont exprimés en centimètres cubes et correspondent au volume de 100$^{cm^3}$ de lait.

Il appert nettement de la lecture de ce tableau que le chauffage à l'air libre, tel qu'il est pratiqué par les pasteurisateurs usuels, fait perdre au lait une grande partie de son acide carbonique proportionnellement au degré de température atteint. En chauffant, au contraire, le lait en circuit fermé, on lui conserve presque entièrement cet élément.

Nos expériences établissent de la sorte que le chauffage, qui, à bien d'autres égards, est le traitement de choix pour conserver et assainir le lait, ne le prive pas forcément de son acide carbonique comme on l'a pensé jusqu'ici. Il est donc possible d'avoir un lait chauffé qui conserve toute sa valeur alimentaire : résultat particulièrement avantageux pour les enfants et les malades se nourrissant exclusivement de lait.

---

(1) STASSANO, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 829; t. 165, 1917, p. 41; t. 177, 1923, p. 916; *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 38, mai 1924, p. 427.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la résistance des sols à l'acidification.* Note de M. A. **Demolon** et de Mlle V. **Dupont**, présentée par M. Lindet.

Depuis la découverte par MM. Fernbach et Hubert (1) du caractère tampon de certaines solutions, on a reconnu que la plupart des milieux biologiques étaient doués de cette propriété grâce à laquelle ils sont susceptibles de résister à de brusques variations de leur concentration en H_+ ions.

Il nous a paru utile de rechercher comment le sol se comporte à cet égard. M. Brioux (2) vient d'attirer particulièrement l'attention sur l'effet des pulvérisations d'acide sulfurique qui tendent à se généraliser dans la culture des céréales (méthode Rabaté). Nos observations complètent les siennes au point de vue de la réaction des sols ainsi traités.

Nous laisserons de côté le cas des sols calcaires dont l'alcalinité se trouve naturellement assurée par les réserves de carbonate de chaux.

I. Examen des solutions des sols. — *Technique.* — 300g de terre sont additionnés du même poids d'eau distillée et laissés en contact pendant 24 heures à la température du laboratoire. Le liquide filtré est privé de CO^2 par ébullition et concentré à 100^{cm^3}. Les solutions ainsi obtenues, légèrement jaunâtres, laissaient pour les deux échantillons cités ci-dessous un résidu sec de 0g,20 et 0g,30 par litre; elles furent additionnées de quantités croissantes de deux acides inégalement dissociés : acide lactique et acide sulfurique. Les P_H étaient dans chaque cas déterminés colorimétriquement au moyen de la série de Clark et Lubs.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus pour une terre à blé de la catégorie des limons et pour une terre franche de jardin :

Tableau I (P_H colorimétriques).

	Terre de limon en culture.		Terre franche de jardin.		Solution aqueuse.	
P_H	Acide lactique.	SO^4H^2.	Acide lactique.	SO^4H^2.	Acide lactique.	SO^4H^2.
Initial	7,1	7,1	7,1	7,1	»	»
$\frac{N}{4000}$	6,8	6,5	6,6	6,5	6,0	5,2
$\frac{N}{2000}$	6,0	5,5	6,3	5,8	5,1	4,6
$\frac{N}{1000}$	5,6	4,9	5,7	4,9	3,7	3,0
$\frac{N}{800}$	5,1	4,3	4,9	4,6	3,4	2,8

(1) *Comptes rendus*, t. **131**, 1900, p. 293.
(2) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 74.

On constate que les solutions obtenues sont, malgré leur grande dilution douées de propriétés « tampon » qui, comparativement aux solutions aqueuses pures, ralentissent l'abaissement du P_H au fur et à mesure des additions croissantes d'acide.

Nous avons été amenés à rattacher ce phénomène à la présence des humates. En effet, en opérant avec une solution aqueuse saturée et neutre d'humate de chaux extrait de la tourbe, la courbe des P_H (Tableau II) présente très sensiblement la même allure que pour les extraits des sols précédents. La chute du P_H est plus brusque dans le cas de l'acide minéral que pour l'acide organique, mais il y a parallélisme dans l'action « tampon » avec une différence d'environ une unité et demie pour une concentration $\frac{N}{800}$.

II. Examen du sol total. — Cette action tampon des solutions n'est pas assez énergique pour assurer le maintien de la réaction du sol dans la zone non défavorable, quand on envisage une addition au sol d'acide sulfurique dans les conditions de la pratique agricole actuelle. En adoptant les chiffres indiqués par M. Brioux, et en supposant un milieu chimiquement inerte, on trouve une concentration théorique pour la couche superficielle voisine de $\frac{N}{10}$, alors que la mesure directe donne pour la terre acide n° 3 $P_H = 4,36$.

Tableau II (P_H électrométriques).

	Solution aqueuse.		Humate de chaux.		Argile colloïdale.		Limon privé d'argile.
Concentrations...	Acide lactique.	SO^4H^2.	Acide lactique.	SO^4H^2.	Acide lactique.	SO^4H^2.	SO^4H^2.
Initiale.......	»	»	7,20	7,20	7,05	7,05	7,05
$\frac{N}{4000}$........	6,0	5,2	6,50	6,44	6,50	6,87	6,28
$\frac{N}{2000}$........	5,1	4,6	5,80	5,70	6,20	6,80	5,35
$\frac{N}{1000}$........	3,7	3,0	5,00	4,55	5,01	6,71	4,48
$\frac{N}{800}$........	3,37	2,77	4,80	4,25	4,95	6,61	3,90
$\frac{N}{400}$........	»	»	»	»	4,83	6,36	3,42

D'ailleurs, pratiquement, on n'observe pas d'effet dépressif, mais plutôt une suractivité de la végétation, même dans les sols présentant une réaction voisine de la neutralité. Nos recherches montrent que l'argile colloïdale

intervient ici d'une manière fort heureuse. L'action chimique de l'acide sulfurique sur l'argile est un fait bien connu; les mesures électrométriques montrent qu'elle s'exerce encore à froid et pour des solutions très diluées. Dans le tableau ci-dessus on verra que l'action tampon est beaucoup moins marquée pour l'acide lactique, il en est d'ailleurs de même pour HCl; on remarquera aussi que les éléments limoneux de la même terre, séparés mécaniquement de l'argile colloïdale, ont perdu la propriété signalée.

Cette action de l'argile colloïdale ressort encore nettement de l'expérience suivante : dans la cellule de l'électrode basculante de Knight, on place 50^{cm^3} de solution d'acide sulfurique $\frac{N}{20}$ (P_H mesuré électrométriquement : 1,31). Puis on ajoute 4^g d'argile colloïdale. On obtient les P_H suivants :

Après une minute	4,24
Après deux minutes	4,50
Après cinq minutes	5,35
Après dix minutes	5,41

On voit donc que l'argile colloïdale a réagi très rapidement à froid sur l'acide sulfurique $\frac{N}{20}$ en provoquant une rétrogradation considérable de la concentration en H_+ ions.

Conclusions. — 1° Les solutions des sols dépourvus de CO^3Ca actif possèdent des propriétés tampons faibles attribuables essentiellement aux humates.

2° L'argile colloïdale, en réagissant chimiquement sur l'acide sulfurique dilué, exerce une action tampon à la fois rapide et intense vis-à-vis de cet acide.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le comportement glandulaire du chordome.* Note de MM. **R. Argaud** et **D. Clermont**, présentée par M. Henneguy.

Depuis que la structure du chordome est mieux étudiée, les auteurs se sont ingéniés à le faire entrer dans le cadre nosographique actuel en le rattachant, suivant les tendances, soit aux épithéliomas, soit aux sarcomes. Et cependant, faite d'un tissu spécial, au fonctionnement éphémère, cette néoplasie est parfaitement individualisée et mériterait une place à part dans la classification des cancers. C'est précisément en cherchant à définir ses caractères pathognomoniques bien plutôt qu'à établir son identification

à telle autre tumeur que nous avons été amenés à quelques remarques dont nous faisons part dans cette Note.

En plus du rôle fibro-plastique, déjà signalé par Alezais et Peyron [1], la cellule chordomateuse peut être, entre autres fonctions, vasoformative. C'est là une fonction génétique que nous avons observée dans certaines portions des chordomes étudiés où des séries de cellules tumorales erratiques étaient en train de fusionner leurs vacuoles, de multiplier leurs noyaux et, par le moyen aussi de points d'accroissement, de se métaplasier en capillaires. Il est tout naturel que, formé de cellules très jeunes, le chordome puisse manifester une certaine multipotence ; mais la particularité sur laquelle nous désirons attirer l'attention réside dans l'agencement des cordons tumoraux avec ces vaisseaux ainsi néoformés ou avec d'autres libérés par halistérèse de leur prison osseuse. Cette disposition est exactement celle des cordons cellulaires dans les glandes vasculaires sanguines et la ressemblance histotopographique avec une glande close est souvent surprenante. Nous ne retiendrons ici que deux aspects qui nous ont frappés parmi tant d'autres. L'un fut observé dans un chordome du clivum de Blumenbach, l'autre dans un chordome sacré. Dans le premier cas, à côté d'images microscopiques traduisant un chordome typique avec ses plages colloïdales et ses physaliphores habituelles, les cellules tumorales dessinent, par endroits, des cordons interposés entre des fentes capillaires, et cela avec une allure de glandes vasculaires closes telle qu'il est impossible à quiconque non prévenu de porter un tout autre diagnostic (paraganglion surrénal, hypophyse, etc.).

Dans le deuxième, il s'agissait d'un chordome kystique dans la cavité duquel faisait saillie, à la façon d'un battant de cloche, une masse tumorale. Cette tumeur apparaît, sur les coupes, sous forme d'îlots chordomateux isolés les uns des autres au sein d'une substance amorphe colloïdale. Dans chaque îlot, les cordons cellulaires s'irradient autour d'un vaisseau central absolument comme dans la cirrhose cardiaque, les cordons de Remak rayonnent autour de la veine porte. A première vue, la ressemblance avec un foie muscade est à s'y méprendre.

Cet aspect d'organe glandulaire entrevu au faible grossissement se retrouve avec la même netteté lorsque, poussant plus loin l'investigation, on examine, avec les méthodes appropriées, la structure fine de chaque

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 419.

cellule. On y constate également les caractères cytologiques des cellules glandulaires; les modalités morphologiques d'un appareil de Golgi et d'un chondriome en pleine activité; un certain polymorphisme nucléaire; et surtout la présence intraprotoplasmique de nombreuses sphérules de sécrétion. L'appareil de Golgi se manifeste différemment suivant les cellules et les parties du chordome envisagées. Il est tantôt disposé, comme dans les cellules sécrétrices, avec une certaine polarité; tantôt, comme dans les cellules cartilagineuses, en réseau fermé ou en coïffe ouverte périnucléaire, avec des nodules pleins et des déliés menus, comme dans les cellules épithéliales du cardia par exemple, etc. Cette diversité morphologique est certainement en rapport avec l'évolution physiologique de la cellule chordale qui, d'épithéliale endodermique, devient lentement sécrétrice. Mais c'est surtout avec la méthode du formol-urane ou celle de Achucarro del Rio Hortega qu'apparaît, d'une façon plus précise, la fine structure de cet objet et que se vérifie la conception de Cajal sur son fonctionnement. Ce réseau, dans quelques cellules particulièrement hypertrophiées, montre des canalicules grisâtres renfermant un grand nombre de granulations noires qui peuvent s'éparpiller çà et là dans le protoplasma.

L'hypothèse de Cajal que ces grains jouent un rôle important dans les phénomènes d'accroissement et de sécrétion du protoplasma nous paraît entièrement justifiée.

Le chondriome est au complet avec des chondriocontes, des chondriomites et des mitochondries éparses ou groupées en cupule autour du noyau. Entre les fines granulations mitochondriales et de gros grains intracellulaires existent toutes les transitions. Certains de ces grains s'extériorisent et tombent dans les plages colloïdales de la tumeur. L'examen histochimique et l'analyse chimique proprement dite démontrent qu'ils sont formés d'une sphérule albuminoïde renfermant un ou plusieurs grains calcaires. D'autre part, la substance fondamentale du chordome ne contient aucune trace de substance glycoprotéide; ni mucine, ni mucoïde. Elle paraît chimiquement constituée par des produits de dégénération des substances albuminoïdes et renferme une très grande proportion de calcaire.

Nos recherches embryologiques nous ont amenés, en outre, à constater que les cellules de la chorde paraissent, chez l'embryon humain, remplir le même rôle sécréteur. La chose est surtout apparente sur les coupes pratiquées à la main, c'est-à-dire avec le minimum de manipulations; on y voit, autour de l'amas chordal, un tassement de grains de sécrétion qui s'inter-

posent entre la chorde et les cellules cartilagineuses en pleine différenciation. D'ailleurs, par la méthode de Regaud, on assiste également à la genèse des grains de sécrétion qui tombent dans le canal intrachordal.

Si bien qu'en généralisant les résultats obtenus dans cette étude du chordome, en les faisant passer dans le domaine plus étendu de la Biologie normale, on ne doit pas envisager la chorde comme une simple tigelle de soutien, mais il convient avec Gegenbaur, Salvi et d'autres de lui attribuer un rôle plus actif. Nous pensons qu'on doit la considérer, chez les Mammifères, comme une glande éphémère, très étirée, sécrétant une substance albumino-calcaire qui amorce l'ossification vertébrale.

BIOLOGIE PARASITAIRE. — *Polyxénie et progenèse de la larve métacercaire de* Pleurogenes medians (*Olsson*). Note de M. **Robert Ph. Dollfus**, présentée par M. Henneguy.

A l'état adulte, *Pleurogenes medians* Olsson est connu dans l'intestin antérieur et moyen de diverses espèces de Batraciens : *Rana temporaria* L., *Rana esculenta* L., *Rana ridibunda* Pallas, *Bufo vulgaris* Laur., *Bufo calamita* Laur., *Bufo viridis* Laur. [= *B. variabilis* Pallas], *Triton palmatus* Schneid. et d'une espèce de Reptile : *Chamæleon vulgaris* Daud. Les recherches effectuées aux environs de Varsovie par Sinitzine (1905) [1] ont montré qu'au stade *Metacercaria* le parasite se trouvait enkysté chez divers Insectes à larve aquatique (*Agrion* sp. et larve de Coléoptère indéterminée).

La cercaire (non identifiée jusqu'à présent), nageuse, issue du Mollusque premier hôte, pénètre donc dans la larve d'Insecte et, sous la forme de métacercaire enkystée, y poursuit son évolution indépendamment des transformations de son hôte. Le parasite devient adulte chez le Vertébré ayant absorbé un Insecte (larve ou nymphe ou imago) hébergeant la métacercaire.

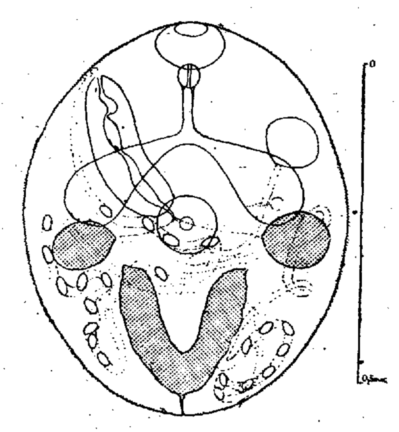
Nous avons reconnu que le rôle de deuxième hôte intermédiaire n'est pas obligatoirement rempli par un Insecte, mais tout aussi bien par un Amphipode; cette polyxénie de la métacercaire étend le nombre des combinaisons d'hôtes que l'on peut prévoir pour le cycle évolutif de l'espèce.

---

(1) Д. Θ. Синичына. — Дистомы рыбъ и лягушекъ окрестностей Варшавы Варшава. 1905, in 8°, 210 pages, 8 figures, texte. Pl. A-B, I-IV. [Voir pages 145-146, 207, Pl. IV, fig. 68, métacercaire de *Pleurogenes medians* Olss. d'un *Agrion*.]

E. Brumpt nous ayant confié des *Gammarus pulex* L. (récoltés au Bois de Boulogne, le 2 juin 1922) renfermant d'assez nombreux kystes, nous avons pu identifier ceux-ci à *Pleurogenes medians* Olsson (¹).

Examinés *in vivo*, ces kystes etaient sphériques ou un peu ovales, à paroi incolore, transparente, très mince quelle que soit leur taille (diam. variant environ de 0,15 à $0^{mm},55$) et se déformant avec les mouvements de la métacercaire. Chez les plus petits



Metacercaria Pleurogenes medians Olsson de *Gammarus pulex* L. (Bois de Boulogne, 2 juin 1922) vu par la face dorsale.

exemplaires, on ne voyait guère que la cuticule spinulée, les ventouses, l'appareil digestif et la vessie; chez des exemplaires un peu plus grands, les testicules, la poche du cirre, l'ovaire, devenaient visibles; chez les plus grands, l'appareil génital apparaissait presque sous sa forme définitive, l'utérus renfermait des œufs. Tirées de leur kyste, ces métacercaires présentaient des mouvements assez vifs modifiant sensiblement l'emplacement relatif des divers organes. La figure ci-dessus a été obtenue d'après les plus grands individus observés, un peu aplati entre lame et lamelle; nous n'avons pas représenté les vitellogènes.

On pourrait se demander si, dans le cas d'enkystement de la larve

---

(¹) Les observations anciennes de métacercaires de Distomes enkystées chez *Gammarus pulex* L. sont nombreuses, sans qu'aucune, semble-t-il, concerne *Pleurogenes medians* Ols.; je rappellerai celles de von Siebold (1848), Ad. de La Valette Saint-Georges (1859), Engel (1865), von Linstow (1872, 1877, 1892), A.-P.-W. Thomas (1881), etc. Une observation de métacercaire enkystée chez *Gammarus pungens* Edw. en Tunisie est due à Pr. Sonsino (1893, 1894).

Engel rapporte que, en faisant avaler des métacercaires enkystées chez *Gammarus pulex* L. par des Grenouilles, il obtint l'adulte correspondant, qui serait, d'après lui, *Opisthioglyphe endolobum* Duj.

de *Pl. medians* Ols. chez *Gammarus*, il ne s'agirait pas d'une adaptation temporaire individuelle plutôt que d'une adaptation évolutive.

Nous pouvons répondre à cette question ; l'adaptation de la métacercaire de *Pleurogenes medians* Ols. au *Gammarus* est bien une adaptation évolutive : dans les *Gammarus*, les individus continuent à se développer normalement, ils y grandissent (en même temps que leur kyste) sans malformations pathologiques et même leur appareil génital devient, au moins en partie, fonctionnel ; il y a production d'œufs, comme chez les plus grands individus observés par Sinitzine enkystés dans un *Agrion*. Nous avons compté jusqu'à soixante-quatre œufs dans l'utérus d'une même métacercaire. Ces œufs sont-ils viables, c'est-à-dire susceptibles de donner un miracidium normal ? Nous n'avons pu nous en assurer, mais rappelons que les œufs observés par Sinitzine ne contenaient pas de cellule-œuf, mais seulement des éléments vitellins et des gouttelettes de graisse. Les œufs que nous avons mesurés avaient entre 27 et 28^{μ} de long sur 18 ou 19^{μ} de large ; ces chiffres ne diffèrent pas sensiblement de ceux indiqués par Sinitzine, $28^{\mu} \times 18^{\mu}$, et ne sont pas très différents de ceux donnés par Looss (1894) pour les œufs normaux ($30^{\mu} \times 16^{\mu}$) produits par le parasite dans son hôte définitif.

On connaît déjà de nombreux exemples de métacercaires enkystées à appareil génital plus ou moins fonctionnel (principalement chez les Insectes) (¹) ; la production d'œufs et de spermatozoïdes a même été plusieurs fois observée, permettant de supposer l'autofécondation à l'intérieur du kyste (²).

Nous considérons que ces phénomènes d'activité génitale précoce représentent une forme de progenèse particulière aux Trématodes *Digenea*. Alors que, dans les exemples de progenèse groupés par Alfred Giard, il y a arrêt de développement ou de croissance et que le développement morphologique complet n'est pas atteint, ce phénomène n'a pas lieu chez les espèces progénétiques de Trématodes.

Le fonctionnement de l'appareil génital chez la métacercaire n'entraîne pas l'arrêt définitif de la croissance et du développement morphologique :

(¹) On connaît aussi quelques exemples de métacercaires, à œufs et spermatozoïdes développés, libres dans leur deuxième hôte intermédiaire.

(²) Chez la métacercaire connue sous le nom de *Distoma agamos* v. Linstow (1872), enkystée chez *Gammarus pulex* L., il y a production d'œufs et de spermatozoïdes : la progenèse paraît complète. L'adulte serait (fide Lühe 1909) vraisemblablement *Allocreadium transversale* Rud.

aussitôt que la métacercaire progénétique parvient dans son hôte définitif, elle y acquiert la forme adulte, continuant sa croissance, achevant son organogenèse et son développement morphologique.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 21 juillet 1924.)

Note de M. *de Séguier*, Sur les isomorphismes de certains groupes :

Page 141, dernière ligne, *au lieu de* $\Gamma'(A)(S., 66)$, *lire* $\Gamma' | A(E., 66)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOUT 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Sur un nouveau type de fer météorique trouvé dans le désert de l'Adrar en Mauritanie.* Note (¹) de M. **A. LACROIX.**

M. l'administrateur Ripert, alors qu'il commandait le peloton de méharistes de Mauritanie, a fait, dans le désert de l'Adrar, une importante observation qui m'a été transmise par M. Henry Hubert, en même temps que l'échantillon dont la description fait l'objet de cette Note. Il s'agit d'un fer d'origine extra-terrestre.

Cet échantillon a été recueilli à environ 45^{km} au sud-ouest de Chinguetti, et à l'ouest d'Aouinet N' Cher. Il gisait, isolé, sur une énorme masse métallique mesurant une *centaine* de mètres de côté et une *quarantaine* de mètres de hauteur; elle se dresse au milieu de dunes couvertes d'une plante désertique, le sba. Elle a la forme d'un parallélépipède, compact, sans fissures. La surface visible est verticale, dominant, à la manière d'une falaise, le sable qui, poussé par le vent, l'a creusée à sa base, de telle sorte que son sommet surplombe; la portion usée par l'érosion éolienne est polie comme un miroir. Le sable s'est accumulé contre la face opposée et la cache entièrement, ce qui n'a pas permis d'évaluer la troisième dimension. Le sommet de la masse est hérissé de petites aiguilles que les Maures ont essayé d'enlever, mais la malléabilité du métal ne leur a permis que de les courber.

Quelques blocs de moindre importance sont distribués dans le voisinage.

L'échantillon étudié pesait environ $4^{kg},5$; sa forme est celle d'un parallélépipède aplati dont la grande face, que j'ai fait polir, mesure $16^{cm} \times 9^{cm},5$. Sa

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

périphérie est noire, inégale, creusée de cavités irrégulières, résultant probablement de la corrosion de cupules originelles. Elle paraît constituée par une matière homogène, mais celle-ci apparaît extrêmement hétérogène sur la surface polie. Sa structure, en effet, est bréchiforme; une masse prédominante de fer métallique est criblée de petites taches pierreuses, irrégulières comme forme et comme dimensions; il existe, en outre, quelques gros fragments de cristaux de pyroxène rhombique jaune, atteignant $4^{cm} \times 2^{cm},5$, ainsi que des enclaves pierreuses dont l'une, mesurant $4^{cm} \times 3^{cm},5$, possède aussi une structure bréchiforme. La matière pierreuse y domine sur le fer; celui-ci existe à l'état de grenaille discontinue et sous forme de veinules anastomosées réunissant une bordure continue du même métal qui entoure de gros fragments silicatés tranchant sur le grain fin du reste de la roche. Ce réseau de veinules s'arrête net sur les bords de l'enclave, indiquant que celle-ci avait sa constitution actuelle avant d'être englobée dans la masse principale.

Un examen à la loupe fait voir que dans les portions silicatées, le fer métallique est accompagné de pyrrhotite, et ce minéral se concentre entre les silicates et le fer; il existe enfin une petite quantité de schreibersite.

Dans la masse principale, çà et là, la proportion du fer augmente et il en résulte des aires elliptiques rappelant ce qui a été appelé « chondres de fer » dans la mésosidérite de Vaca Muerta (Sierra de Choco); elles mesurent jusqu'à $3^{cm} \times 2^{cm}$ de diamètre. Vues de loin, elles paraissent représenter la section de nodules tout à fait distincts, mais un examen plus approfondi montre qu'elles ne sont qu'une concentration locale du fer. Elles sont d'ailleurs hétérogènes, elles renferment de petites inclusions de pyrrhotite dans leur partie centrale et surtout de silicates sur leurs bords.

L'étude métallographique de toutes les modalités de ce fer montre qu'il est lui-même hétérogène, constitué par deux alliages nickelifères. Sur une surface polie un peu brutalement, mieux peut-être que sur une surface attaquée par une solution d'acide chlorhydrique étendu ou de bichlorure de mercure, on voit une partie principale moins dure, plus facilement attaquable, qui forme une large gaine continue aux silicates; c'est la forme de kamacite, appelée *Wickelkamazite* par Brezina. Au milieu de cette bordure homogène apparaît, en relief, sous forme d'arabesques sinueuses, à contours curvilignes, un second alliage, plus dur, moins facilement attaquable; il jaunit par exposition à l'air et paraît constitué par la taenite; sous l'action d'un traitement prolongé par les réactifs, il se creuse dans sa partie centrale de cavités un peu dendriformes sans cependant qu'apparaisse de structure géométrique.

La grande difficulté du sciage de ce bloc de fer, et *a fortiori* celle de la confection de lames très minces, ne m'ont pas permis d'obtenir de sections convenables pour l'étude microscopique de la portion silicatée en place dans le métal; il a donc fallu se contenter d'isoler celle-ci chimiquement. Le fer nickelé a été éliminé par l'action d'une solution de chlorure de cuivre et de potassium; le résidu est formé essentiellement par un pyroxène rhombique, associé à de la pyrrhotite, à un peu de schreibersite et fort peu d'olivine. Ce pyroxène se présente uniquement en fragments brisés, quelquefois agglomérés en petits morceaux de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre qui, eux, ont pu être taillés en lames minces : ils se composent de plages de dimensions très inégales, riches en inclusions ferrugineuses. Le pyroxène est de l'hypersthène, ainsi que le montrent le signe optique négatif et l'écartement des axes qui est relativement faible. La structure est nettement cataclastique.

Trois attaques ont été faites sur des morceaux pesant de 7^g à 10^g; le résidu silicaté a varié entre 12, 20 et 28 pour 100. On a vu plus haut que certaines portions sont presque dépourvues de silicates. Dans l'impossibilité d'obtenir une prise d'essai représentant la composition moyenne de la météorite, je me suis contenté de faire analyser par M. Raoult la partie métallique d'une part, la portion silicatée d'une autre.

Voici les résultats de l'analyse de la portion métallique avec leur interprétation :

		Partie métallique.		Fer nickelé (Fe : Ni = 20).
Fe	73,35	84,29	89,03 Fer nickelé	94,71
Ni	3,57	4,45		4,97
Co	0,19	0,25		0,28
Mn	0,03	0,04		0,04
Cu	tr.	tr.		tr.
Fe	»	6,61	10,38 Pyrrhotite	»
S	3,03	3,77		»
Fe	»	0,51	0,59 Schreibersite	»
P	0,08	0,08		»
Insol	19,92	tr.		»
	100,15	100,00		100,00

Dans l'estimation de la composition minéralogique, la schreibersite a été calculée sous forme de Fe^3P, sa teneur en nickel n'ayant pu être déterminée directement; la valeur donnée ci-dessus n'est donc qu'approximative.

La partie silicatée a été débarrassée par l'aimant de ses inclusions de schreibersite, par l'acide chlorhydrique de celles de pyrrhotite.

Sa composition et l'interprétation de celle-ci sont données ci-dessous :

SiO^2	53,96	Si^3O^8K	0,6	8,7 (feldspaths)
Al^2O^3	2,56	Si^3O^8Na	3,1	
FeO	16,58	Si^2O^6Ca	5,0	
MnO	0,51	SiO^3Ca	1,6	86,8 (hypersthène)
MgO	23,97	SiO^3Mg	55,9	
CaO	1,84	SiO^3Fe	29,3	
Na^2O	0,43	SiO^4Mg^2	2,9	4,5 (péridot)
K^2O	0,15	SiO^4Fe^2	1,6	
	100,00			

Le rapport $MgO : FeO = 2,5$; pour l'interprétation de la composition minéralogique, j'ai fait l'hypothèse que ce rapport est le même dans l'hypersthène et l'olivine, ce qui n'est certainement pas rigoureusement exact, mais comme la teneur en olivine est faible, l'erreur sur la composition du minéral principal, l'hypersthène, n'est pas grande; c'est un hypersthène renfermant environ 18 pour 100 de fer ferreux.

Une seconde analyse faite sur un autre fragment de la météorite a donné une teneur plus grande en péridot, ce qui indique que les divers silicates sont irrégulièrement répartis et explique que dans les minuscules fragments taillés en lames minces, je n'ai pu distinguer le feldspath que met en évidence le calcul, mais les surfaces observées sont tellement petites qu'il n'y a pas lieu de tirer de conclusions de ce désaccord avec l'analyse.

Quoi qu'il en soit, les résultats qui viennent d'être exposés montrent que si l'on admet une teneur moyenne en silicates de 20 pour 100 pour l'ensemble de la météorite, ce qui correspond à peu près à la densité de 5,28 mesurée sur un fragment d'une dizaine de grammes, on doit admettre que la météorite de Chinguetti constitue un type de sidérite différant de tous ceux qui sont actuellement connus. Il est intermédiaire entre celles des sidérites qui contiennent seulement 4 à 5 pour 100 de silicates et les lithosidérites qui en renferment généralement 50 pour 100. Il diffère en outre des sidérites silicatées connues en ce que, dans les unes, l'olivine qui accompagne le pyroxène rhombique est abondante et, en ce que leur fer possède une structure octaédrique nette [Netschaevo et Copiapo (et non Sierra de Deesa)], alors que l'autre [Tuçson (Muchachos)] renferme uniquement de la forstérite, son fer étant dépourvu de structure cristalline distincte.

Si l'on considère les lithosidérites, la comparaison s'impose avec certaines mésosidérites, telle que celles de Vacca Muerta et de Mincey, dans lesquelles

l'olivine est aussi très irrégulièrement distribuée, mais dans lesquelles par contre la quantité de plagioclase est beaucoup plus considérable.

La question de la composition et de la structure ne sont pas les seules particularités qui attirent l'attention sur le fer de Chinguetti; si en effet les dimensions données par M. Ripert sont exactes, et il n'y a pas de raison d'en douter, ce bloc métallique constitue de beaucoup la plus énorme des météorites connues, puisqu'en admettant que la troisième dimension, qui n'a pu être mesurée, soit égale à la plus petite des deux autres, il n'aurait pas moins de 160000$^{m^3}$.

NAVIGATION. — *Manœuvre de sécurité, inédite, pour mettre fin aux abordages, en temps de brume, entre des bâtiments à vapeur naviguant isolément.* Note [1] de M. **F.-E. Fournier.**

Actuellement, le signal de reconnaissance international des temps de brume, entre des navires à vapeur naviguant isolément, se réduit à un appel de leurs sifflets à vapeur habituels, d'une durée de 4 secondes, se répétant toutes les 2 minutes environ. Il y aurait lieu de répéter le signal toutes les 30 secondes, par exemple. Il présenterait, alors, l'avantage de pouvoir s'échanger entre deux navires, dans le *délai minimum* et de retarder ainsi, le *moins possible*, la manœuvre de sécurité dont cette Note a pour objet d'exposer les règles précises et générales.

1. Quand un navire à vapeur A, gouvernant à un *cap vrai* quelconque, entend le signal de reconnaissance d'un autre bâtiment à vapeur B, s'étant donc approché de lui, dans la brune, en y suivant une route convergeant vers la sienne, il *doit informer aussitôt* ce nouveau venu de la manœuvre que celui-ci doit exécuter, *seul*, de manière à lui livrer passage vers sa destination, sans le déranger de sa route, ni l'exposer à un abordage.

2. Selon que le cap de A, vers sa destination, est compris dans le secteur, de 180°, de toutes les routes possibles de ce navire, rayonnant, *au-dessus* ou *au-dessous* de la direction initiale dans laquelle il a entendu le signal de reconnaissance de B, il en informe ce bâtiment par *un son continu* d'une durée de 10 secondes (——), ou par *des coups précipités* (- - - -) de son sifflet à vapeur, que B doit répéter, pour en confirmer la réception, en même temps qu'il exécute la manœuvre suivante.

(1) Séance du 28 juillet 1924.

3. *Manœuvres de* B. — Selon que le signal de A est (——), ou (- - - -), B doit effectuer, *vers la gauche*, ou *vers la droite* de son cap primitif, incliné de l'angle β sur la direction initiale où ce navire a entendu le signal de reconnaissance de A : si $\beta < 45^\circ$, une inflexion brusque de sa route, de 90°, avec son rayon de giration *minimum* et sa vitesse effective, *ne devant pas dépasser sa limite de 5 mètres à la seconde*, dans la brume. Il suit alors, directement, le nouveau cap auquel l'a conduit cette évolution en prenant fin, brusquement aussi, jusqu'à ce qu'il entende les signaux de A sous l'angle β, *à partir de son arrière;* et il remonte, aussitôt après, à son cap primitif, en toute sécurité, par une dernière évolution de 90°.

4. *Cas particuliers :* 1° Si A entendait le signal de reconnaissance de B *directement, devant lui*, il en aviserait le bâtiment par le signal (- - —— - -), d'un coup de son sifflet à vapeur, *long de 4 secondes*, intercalé entre *deux coups précipités*, de part et d'autre.

Si l'on avait, alors, $\beta \leqq 45^\circ$; B exécuterait la manœuvre définie dans le paragraphe 3. Mais si l'on avait au contraire $\beta \geqq 45^\circ$, ce bâtiment *devrait continuer sa route vers sa destination, sous inflexion nouvelle.*

2° Si, au moment où A entendait le signal de reconnaissance de B, *directement devant lui;* B entendait, en même temps, *directement devant lui*, le signal de reconnaissance de A : l'évolution de B de 90° devrait se faire *vers la gauche*, ou *vers la droite* de sa route primitive, selon que le signal de A serait (——), ou (- - - -).

5. Si ces règles générales étaient admises à la suite d'une entente internationale, elles auraient le précieux avantage d'empêcher les commandants de céder à leur premier mouvement instinctif, de redresser, avant tout, parallèlement, les routes de leurs bâtiments pour empêcher leurs convergences de les rapprocher dangereusement, davantage.

Or, cette manœuvre prime-sautière les conduit, malheureusement, ensuite, à reprendre d'autres routes, vers leurs destinations, non moins convergentes que les premières et, dans des conditions plus confuses et, par suite, plus redoutables pour la sécurité des navires, parce que les commandants y manœuvrent, en aveugles, dans l'impossibilité d'y coordonner leurs évolutions réciproques et sous la crainte obsédante qu'elles aboutissent à rendre inévitable l'abordage qu'elles avaient pour objets d'empêcher, trop hâtivement, au début de la rencontre.

Ainsi apparaissent : la cause prédominante des regrettables abordages dont tant de navires à vapeur ont été, jusqu'ici, victimes; et les moyens de les éviter désormais, par une manœuvre de sécurité qui est, simplement,

l'adaptation, pour plus de sûreté dans la brume, avec des rayons de giration constants, de l'inflexion ondulatoire, moins régulière, qu'effectue journellement, si la distance des deux navires la rend possible, en manœuvrant à vue, tout bâtiment à vapeur ayant à croiser la route d'un autre, pour la franchir, en toute sécurité, en passant, finalement, derrière ce navire, au lieu de risquer un abordage en la coupant devant lui, si celui-ci ne se dérangeait pas assez vite pour l'éviter.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de deux diméthylpentanones symétrique et dissymétrique.* Note (¹) de MM. A. **Haller** et R. **Cornubert**.

Dans une Note antérieure (²), nous avons admis que parmi les polyméthylcyclopentanones-$\alpha\alpha'$ obtenues par l'alcoylation directe de l'α-méthylcyclopentanone, à l'aide de l'amidure de sodium, le dérivé diméthylé isolé possédait une structure symétrique $\alpha\alpha'$. Jugeant nécessaire d'étayer cette hypothèse par des preuves expérimentales, nous avons procédé à l'égard de ce dérivé comme nous l'avons fait avec son homologue la diméthylcyclohexanone d'alcoylation (³).

Nous avons par conséquent préparé : 1° une diméthylcyclopentanone par alcoylation du dérivé monométhylé-α et l'avons comparée avec celle de M. G. Blanc (⁴), dont la structure dissymétrique ne laisse pas de doute; 2° l'isomère symétrique qui, grâce à son mode même de production, contient les deux groupes méthyle en α et α', et avons condensé, dans des conditions variées, les deux isomères avec de l'aldéhyde benzoïque.

Nous réservant de publier en détail la préparation, en majeure partie déjà connue, des deux cétones, nous nous bornerons à esquisser par le schéma suivant les étapes parcourues pour arriver au but poursuivi en partant du cyclohexanol :

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

(²) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 298; *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 31, 1922, p. 1101.

(³) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 700.

(⁴) G. Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 3, 1908, p. 780.

A. Acide adipique (Rendement 49,5 pour 100);
→ B. Adipate d'éthyle (Rendement 83 pour 100);
→ C. Cyclopentanonecarbonate d'éthyle (Rendement 70-80 pour 100).

↓

D_1, α-méthylcyclopentanonecarbonate d'éthyle pur;

E_1, α-méthylcyclopentanone (Rendement 73 pour 100);

F_1, $\alpha\alpha$-diméthylcyclopentanone d'alcoylation (Rendement 20 pour 100);

↓

D_2, mélange d'α-méthylcyclopentanonecarbonate d'éthyle et d'α-méthyladipate d'éthyle;

E_2, α-méthyladipate d'éthyle [1];

F_2, α-méthylcyclopentanone-α-carbonate d'éthyle (Rend. 70-80 pour 100);

G, α-méthylcyclopentanone-α'-méthyl-α'-carbonate d'éthyle (R. 90 p. 100);

H, $\alpha\alpha'$-diméthylcyclopentanone (Rendement 68 pour 100).

Les réactions A à F_1 et A à F_2 ont été déjà réalisées par MM. Bouveault et Locquin [2] en s'inspirant des travaux de Dickmann, mais pour la réaction C, nous avons pu porter le rendement de 58 à 70-80 pour 100; les réactions G et H n'ont pas été trouvées dans la littérature.

L'α-méthylcyclopentanone-α'-méthyl-α'-carbonate d'éthyle (G)

```
        CH² — CH²
        |      |  /CH³
CH³CH\      /C<
       \  /     \CO²C²H⁵
        CO
```

possède les constantes suivantes :

$$E^{32} = 121^\circ \text{ (corr.)}; \quad d_4^{15} = 1{,}0157; \quad n_D^{15} = 1{,}4431;$$
$$\text{RM : tr. } 48{,}02; \text{ calc. } 47{,}75.$$

En partant de 1800g de cyclohexanol, nous avons ainsi obtenu : 61g de diméthylcyclopentanone symétrique et 130g d'α-méthylcyclopentanone pure, ce qui nous a donné 42g de diméthylcyclopentanone d'alcoylation.

Ces deux cétones isomères présentaient les constantes suivantes :

(1) Pour nous procurer plus rapidement, et à moins de frais, l'acide α-méthyladipique nous avons essayé l'oxydation de l'α-méthylcyclohexanol par MnO^4K, mais l'expérience a montré qu'on obtient un mélange d'acides solides et liquides dont l'étude est en cours.

(2) Bouveault et Locquin, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 3, 1908, p. 437.

	Diméthylcyclopentanones dissymétrique d'alcoylation. Trouvé.	Signalé par les auteurs.	symétrique. Trouvé.	Signalé par différents auteurs.
Eb.	143-144/740 (corr.)	143 (1)	147/744 (corr.)	149 /758 (2) 145-147 (3) 147-148 (4)
d.	$\frac{19,5}{4}$ = 08938		$\frac{17,5}{4}$ = 0,8918	0,8934 $\frac{22}{4}$ (3)
n_D.	$\frac{19,5}{4}$ = 1,4322		$\frac{17,5}{4}$ = 1,4312	
RM trouvé.	32,50		32,50	
RM calc.	32,34		32,34	
Odeur.	puissante de camphre et de menthone		moins camphrée, plus fraîche, rappelant celle de l'α-méthylcyclopentanone	

Sur ces deux cétones, nous avons étudié l'action de l'aldéhyde benzoïque et en avons préparé les oximes et les semicarbazones pour comparaison.

I. Diméthylcyclopentanone symétrique. — *Condensation avec l'aldéhyde benzoïque.* — *a*. Sous l'influence de l'éthylate de sodium :

On a opéré sur parties égales de diméthylcyclopentanone et d'aldéhyde benzoïque, en présence de la quantité théorique d'éthylate de sodium, sans réussir à isoler un produit cristallisé. La moitié de la cétone et de l'aldéhyde a d'autre part été récupérée.

b. Sous l'influence de l'acide chlorhydrique :

Un mélange de 10^g de cétone et de 10^g d'aldéhyde a été saturé d'acide chlorhydrique sec à 15° et abandonné à lui-même, pendant 48 heures, à basse température. Ce mélange n'a pas tardé à prendre une certaine viscosité et finalement s'est transformé en une bouillie cristalline claire. Après avoir neutralisé le produit par du carbonate de sodium et repris par l'éther, on obtient, par évaporation du solvant, un résidu qu'une solution de potasse alcoolique transforme en un volumineux précipité. Celui-ci est lavé à l'eau, redissous dans l'éther et la solution a été abandonnée à l'évaporation spontanée. Les cristaux formés sont séparés par essorage du liquide qui les imprègne, et purifiés par cristallisation dans l'alcool bouillant.

(1) G. Blanc, *loc. cit.*
(2) S.-R. Best et J.-F. Thorpe, *J. Chem. Soc.*, t. 95, 1909, p. 685.
(3) Zelinski et Rudsky, *Ber.*, t. 29, 1896, p. 404.
(4) W.-A. Noyes et L. Kyriakidès, *Amer. Chem. Soc.*, t. 32, 1910, p. 1065.

Ces cristaux se présentent sous la forme de fines aiguilles feutrées, d'une blancheur absolue, fondant à 129°,5 (corr.), très solubles dans le benzène froid, assez solubles dans l'éther et dans l'alcool bouillant. L'analyse leur assigne la formule $C^{21}H^{22}O^2$; la détermination du poids moléculaire a donné 287 et 290,5, pour 306 qu'exige la formule précédente.

Du liquide qui baignait les cristaux on a pu isoler de la cétone inaltérée et un produit jaunâtre, ayant l'aspect de la colophane, dont on a encore pu tirer par traitement avec l'alcool une certaine quantité de cristaux fondant à 129°,5.

Le corps $C^{21}H^{22}O^2$ représente un produit de condensation de deux molécules d'aldéhyde benzoïque et d'une molécule de diméthylcyclopentanone symétrique avec élimination d'une molécule d'eau.

Or, ce composé ressemble à tous points de vue au corps de formule $C^{22}H^{24}O^2$ fondant à 119-120° (corr.), dont il est l'homologue inférieur, et que nous avons obtenu (1) par la condensation, dans les mêmes circonstances, de l'aldéhyde benzoïque avec la diméthylcyclohexanone.

Oxime et semicarbazone de la diméthylcyclopentanone symétrique. — L'*oxime* $C^7H^{13}ON$ est un liquide incristallisable et bouillant à 11°,5 sous 33mm. D'une odeur peu accentuée à froid, elle possède à chaud une forte odeur camphrée.

La *semicarbazone* $C^8H^{15}ON$, déjà préparée par S.-R. Best et J.-F. Thorpe (*loc. cit.*), fond à 171°, soit 175° (corr.).

Diméthylcyclopentanone d'alcoylation a l'amidure. — Le produit dissymétrique a déjà été obtenu à l'état pur par G. Blanc, qui a réalisé sa condensation avec l'aldéhyde benzoïque en présence de soude caustique. Le dérivé benzylidénique obtenu fond à 36°, tandis que l'oxime, également préparée par G. Blanc, fond à 69°.

Kijner (2) a d'autre part décrit la semicarbazone avec un point de fusion de 191°.

Condensation avec l'aldéhyde benzoïque. — *a.* Sous l'influence de l'éthylate de sodium :

Menée dans les conditions ordinaires, cette condensation a abouti à la préparation d'une certaine quantité de benzylidènediméthylcyclopentanone fondant à 36°,5-37°, et identique avec celle décrite par G. Blanc.

b. Sous l'influence de l'acide chlorhydrique :

---

(1) A. Haller et R. Cornubert, t. 170, 1920, p. 700 et 973.

(2) Kijner, *J. Soc. chim. russe*, t. 42, 1910, p. 1211.

Conduite comme celle relative à la diméthylcyclopentanone symétrique, cette opération a permis d'isoler : 1° un produit distillant de 180 à 193°, en majeure partie constitué par de la benzylidènediméthylcyclopentanone fondant à 36-37°; 2° par un résidu visqueux de teinte brune et ayant un point d'ébullition correspondant à celui du corps $C^{21}H^{22}O^{2}$, obtenu à partir de la diméthylcyclopentanone symétrique. Amorcé avec des parcelles de cette substance fondant à 129°,5, il n'a pas tardé à être sillonné de petits cristaux dont la quantité était malheureusement trop faible pour qu'on pût les isoler et caractériser.

Oxime et semicarbazone :

Oxime. — La diméthylcyclopentanone d'alcoylation traitée par le chlorhydrate d'hydroxylamine et l'acétate de sodium fondu nous a donné une oxime à odeur forte rappelant celle du bornéol avec accentuation de l'odeur de moisi. Elle bout à 110° sous 38^{mm}, et le liquide se prend en une masse feutrée par refroidissement. Débarrassés du produit à consistance de vaseline qui les imprègne, les cristaux soumis à une série de cristallisations dans l'éther de pétrole, finissent par se présenter sous la forme de prismes obliques très aplatis à base rhombe pouvant atteindre jusqu'à 1 à 2^{cm} de développement. Le meilleur point de fusion constaté a été de 65,5, alors que celui indiqué par G. Blanc est de 69°.

Semicarbazone. — Traitée suivant le mode habituel par le chlorhydrate de semicarbazide, notre cétone dissymétrique a fourni, indépendamment de la semicarbazone fondant nettement à 191°, comme l'indique Kijner (*loc. cit.*), des produits cristallisés de points de fusion inférieurs à 190°. Il est hors de doute que ces produits sont des mélanges, en proportions variables, de la semicarbazone de la cétone diméthylée dissymétrique (F. 191°) avec la semicarbazone du produit symétrique.

Il ressort donc des trois faits suivants :

Commencement de cristallisation des queues de fractionnement du produit d'action de l'aldéhyde benzoïque sur la cétone en présence d'HCl, après amorçage avec la substance fondant à 129°,5;

Constitution physique de l'oxime susceptible d'être divisée en un produit cristallisé et un produit liquide (l'oxime de la cétone symétrique étant elle-même liquide);

Variation du point de fusion de la semicarbazone et obtention d'une fraction ultime présentant des phénomènes de fusion se rapprochant de ceux fournis par un mélange des semicarbazones des cétones symétrique et dissymétrique,

Que la diméthylpentanone d'alcoylation semble être constituée en majeure partie par la cétone dissymétrique avec une petite quantité de cétone symétrique.

Conclusions. — Il résulte de ces expériences :

1° Que la diméthylcyclopentanone symétrique réagit avec l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de HCl en donnant un composé $C^{21}H^{22}O^2$, dont la constitution reste à établir;

2° Que l'action de l'aldéhyde benzoïque sur une diméthylcyclopentanone peut servir à distinguer la position des groupes méthyle, le dérivé dissymétrique donnant une combinaison benzylidénique vraie et le dérivé symétrique un produit plus lourd, donc de point d'ébullition plus élevé, les deux corps ainsi obtenus ayant des points de fusion plus nets que ceux des semicarbazones;

3° Que le corps de formule $C^{21}H^{22}O^2$ se trouve être l'homologue inférieur des corps de formule $C^{22}H^{24}O^2$ obtenus dans l'étude de la diméthylcyclohexagone d'alcoylation, et du corps $C^{23}H^{26}O^2$ obtenu dans celle de la méthyléthylcyclohexanone [1];

4° Que nos cétones cyclopentanoniques et cyclohexanoniques bisubstituées par alcoylation directe sont des mélanges de dérivés symétriques et dissymétriques.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un nouveau cas de mutation physiologique chez la souris.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Hirosi Nakamura.**

Dans les expériences que nous avons réalisées en vue de faire ressortir d'une manière directe l'importance du fer et, par comparaison, celle du zinc, dans les phénomènes nutritifs [2], nous avons dû nous servir d'un mélange alimentaire complètement dépourvu des facteurs oligosynergiques A, B et C, que l'on sait aujourd'hui indispensables au développement normal et au maintien de la santé des animaux. C'est pourquoi nos jeunes souris n'ont pu survivre, à partir du sevrage, plus de trois à quatre semaines au régime qui leur était imposé. Toutefois, parmi les 36 individus que nous avons réussi à élever dans ces conditions rigoureuses, il y en a un qui a fait preuve, comme celui déjà signalé par l'un de nous en collabo-

---

[1] A. Haller et R. Cornubert, *loc. cit.*

[2] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 129.

ration avec Boje Benzon ([1]), d'une accoutumance vraiment exceptionnelle : il a survécu, en effet, plus de deux mois. C'est seulement cinq jours avant la mort que cet animal, jusque-là très vif, a commencé à changer d'allure et à diminuer de poids; il a présenté, en même temps, des signes de xérophtalmie ([2]) et s'est éteint, sans autres symptômes généraux qu'un affaiblissement progressif, le 65e jour. Cette survie est d'autant plus remarquable que 2 individus de la même portée, nourris il est vrai sans addition de fer, étaient morts le 10e et le 12e jour.

Nous avons pensé, en poursuivant la recherche des explications possibles de ce phénomène, que notre animal avait peut-être réussi à s'emparer d'une ou de plusieurs mouches (entrées dans son bocal par les trous d'aération) et qu'il avait trouvé à se ravitailler un peu en ces « vitamines » dont les autres animaux, élevés parallèlement, étaient tout à fait dépourvus ([3]).

Nous avons alors introduit une mouche vivante dans le bocal d'une souris, soumise au régime sans fer. Après quelques essais infructueux dont nous fûmes témoins, la souris finit par s'en emparer car, le lendemain matin, il n'y avait plus de l'insecte, au fond du bocal, que des débris d'ailes et de pattes. De nouvelles mouches, sans les ailes, furent données, à raison de deux par jour; la souris les mangea régulièrement, mais ne vécut pas davantage que ses frères et sœurs, nourris au régime avec ou sans fer, comme le montre le tableau suivant :

	Poids des souris au début.	Poids des souris à la mort.	Survie.
Sans fer, n° 31 (femelle)	8g,10	5g,45	23 jours
» n° 32 (mâle)	8,00	6,35	22 »
Avec fer, n° 33 (femelle)	8,45	5,15	24 »
» n° 34 (femelle)	7,50	5,40	27 »
Sans fer, avec mouches (mâle)	7,10	6,12	24 »

On ne peut donc pas invoquer l'apport de substances particulières, vitamines ou autres, que des souris auraient pu se procurer en mangeant une ou plusieurs mouches, pour expliquer les deux cas de survie exceptionnelle rapportés plus haut. Il reste donc probable, selon l'hypothèse déjà for-

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 297, et *Ann. Inst. Past.*, t. 38, 1924, p. 449.

([2]) Gonflement des paupières le 59e jour et sécrétion lactescente le 61e.

([3]) En fait, nous n'avons jamais vu de mouche s'introduire dans les bocaux, mais on pouvait objecter que, si une mouche y avait pénétré par hasard, elle avait bientôt été prise par la souris carencée.

mulée ([1]), que l'on se trouve en présence d'une véritable mutation de nature physiologique.

Ajoutons, en terminant, qu'une telle sorte de mutation doit être moins rare qu'elle apparaît aujourd'hui. En étudiant l'influence de diverses graisses naturelles sur la croissance du rat blanc, Th. Osborne et Laf. Mendel ont observé que « parmi des centaines de rats essayés au régime insuffisant de la graisse de lard, un animal continua à croître pendant l'exceptionnelle période de 253 jours avant que l'inévitable chute en résultât » ([2]) tandis que, d'après la lecture de leurs mémoires, les animaux succombaient d'ordinaire au même régime après environ trois mois. Nous croyons que si beaucoup d'expérimentateurs, un peu trop préoccupés par un objectif défini, n'avaient pas écarté systématiquement de leurs expériences certains individus dont la réaction devenait anormale, on connaîtrait, peut-être, même chez d'autres animaux que les variétés albinos de la souris et du rat, un nombre appréciable de cas semblables ou analogues à ceux dont il a été question dans cette Note.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Nouvelle carte des zones à grêle du département de la Somme, par H. Duchaussoy. (Transmis par M. L. Mangin.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques inégalités de MM. Landau et Lindelöf concernant les fonctions monogènes.* Note ([3]) de M. **P. Sergesco**, transmise par M. Goursat.

M. Landau a démontré ([4]) le théorème : Soit $f(x)$ une fonction bornée, $|f(x)| \leqq M$ pour $|x| \leqq R$ et soit $f(0) = a$. Si $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n$ sont les modules

([1]) Par Gab. Bertrand et B. Benzon, *loc. cit.*
([2]) *J. biol. Chemie*, t. 20, 1915, p. 383.
([3]) Séance du 28 juillet 1924.
([4]) *The Tohoku Mathematical Journal*, t. 5, 1914, p. 104-105 et 107.

des n racines de l'équation $f(x)=b$, les plus rapprochées de zéro, on a

$$\rho_1\rho_2\ldots\rho_n \geqq \left|\frac{b-a}{M^2-\bar{a}b}\right| MR^n$$

(où $\bar{a}$ est l'imaginaire conjuguée de a). Cette limite inférieure est atteinte. En suivant les indications de M. P. Montel, j'ai obtenu les extensions :

Si $f(\alpha)=a$ *et si* $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n$ *sont les n racines les plus rapprochées de* α, *de l'équation* $f(x)=b$, *on a*

$$|\beta-\alpha| \geqq [R^2-|\alpha|^2]\frac{\left|\frac{b-a}{M^2-\bar{a}b}\right|\frac{M}{R}}{1+\frac{|\alpha|}{R}\left|\frac{b-a}{M^2-\bar{a}b}\right|M}$$

(où $|\beta-\alpha|$ est la plus petite des quantités $|\beta_i-\alpha|$)

$$\delta_1\delta_2\ldots\delta_n \geqq \left|\frac{b-a}{M^2-\bar{a}b}\right| M(R-|\alpha|)^n \qquad (\delta_i=|\beta_i-\alpha|),$$

$$\delta_1\delta_2\ldots\delta_n \geqq \left|\frac{b-a}{M^2-\bar{a}b}\alpha_n\right|\frac{M}{R^n}\gamma_1\gamma_2\ldots\gamma_n \qquad \left(\gamma_i=\left|\frac{R^2-|\alpha|^2}{|\alpha|}-\delta_i\right|\right).$$

La limite inférieure de $|\beta-\alpha|$ est atteinte pour la fonction

$$f(x)=M\frac{a(R^2-\bar{\alpha}x)+RM(x-\alpha)}{M(R^2-\bar{\alpha}x)+\bar{a}R(x-\alpha)}$$

si l'argument de $\bar{\alpha}\dfrac{b-a}{M^2-\bar{a}b}$ est π.

Ces résultats se déduisent de celui de M. Landau en employant la transformation conforme :

$$X=R^2\frac{x-\alpha}{R^2-\bar{\alpha}x}:$$

Quand β tend vers α, le rapport $\dfrac{b-a}{\beta-\alpha}$ tend vers $f'(\alpha)$ et la formule donnée pour $|\beta-\alpha|$ conduit à l'inégalité

(L) $$|f'(\alpha)| \leqq \frac{R}{M}\,\frac{M^2-|f(\alpha)|^2}{R^2-|\alpha|^2}.$$

L'égalité est atteinte pour la fonction $f(x)$ donnée plus haut. Cette limitation supérieure de $|f'(\alpha)|$ a été trouvée par une autre voie par M. E. Lindelöf [1].

---

[1] *Acta societatis scientiarum fenicæ*, t. 35, 1908, Mémoire n° 7, p. 11.

Si $f(\alpha) = a$ et si $f'(\alpha) = f''(\alpha) = \ldots = f^{(n-1)}(\alpha) = 0$, on a

$$|f^n(\alpha)| \leqq n!\,\frac{M^2 - |f(\alpha)|^2}{M(R - |\alpha|)^n},$$

car, dans ce cas, l'équation $f(x) = a + \eta$ admet n racines au voisinage du point α. Soit β_n la plus éloignée de α. On a

$$\left|\frac{\eta}{\delta_n^m}\right| \leqq \left|\frac{\eta}{\delta_1 \delta_2 \ldots \delta_n}\right| \leqq \left|\frac{M^2 - \overline{f(\alpha)}\,[f(\alpha) + \eta]}{M(R - |\alpha|)^n}\right|$$

et, en faisant tendre δ_n vers zéro on obtient l'inégalité voulue.

Si $f'(\alpha) \neq 0$, la limitation est plus compliquée. Pour $|f''(\alpha)|$ on trouve trois limites différentes, dont chacune peut être la plus précise, suivant les valeurs de α, $f(\alpha)$ et $f'(\alpha)$. En appliquant les inégalités de Cauchy au cercle de rayon $R - |\alpha|$ et de centre α, on a, en général :

$$\text{(C)} \qquad |f^n(\alpha)| < n!\,\frac{M}{(R - |\alpha|)^n}.$$

Posons $|\alpha| = \theta^2 R.[0 < \theta < 1]$. En appliquant à $f'(x)$ l'inégalité (L), dans le cercle de rayon θR, on obtient

$$\text{(LL)} \qquad |f''(\alpha)| < \frac{M^2 - R^2(1 - \theta^2)^2 |f'(\alpha)|^2}{MR^2 \theta (1 - \theta^2)^2}.$$

Enfin, en posant $F(x) = f(\alpha) - (x - \alpha) f'(\alpha)$, on a $F'(\alpha) = 0$; donc

$$\text{(K)} \qquad |f''(\alpha)|\, 2\, \frac{[M + (R + |\alpha|)\,|f'(\alpha)|]^2 - |f(\alpha)|^2}{[M + (R + |\alpha|)\,|f'(\alpha)|]\,[R - |\alpha|]^2}.$$

La discussion de ces inégalités permet de conclure : pour $|\alpha| > \frac{R}{4}$, si $|f(\alpha)| \leqq \frac{2\theta - 1}{2\theta}$, la formule (LL) donne la limite la plus précise.

On peut étendre les résultats précédents à toute fonction faisant partie d'une *famille normale* de fonctions. Exemples :

Soit $f(x)$ une fonction holomorphe dans le cercle $|x| < 1$ où elle ne prend ni la valeur 0, *ni la valeur* 1. *Si $f(\alpha) = a$ et si l'on désigne par $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n$ les racines les plus rapprochées de α de l'équation $f(x) = b$, on a*

$$|\beta - \alpha| \geqq \frac{|\nu(b) - \nu(a)|\,[1 - |a|^2]}{|\nu(b) - \bar{\nu}(\alpha)| + |\alpha|\,|\nu(b) - \nu(a)|},$$

$$\delta_1 \delta_2 \ldots \delta_n > \frac{|\nu(b) - \nu(a)|\,[1 - |a|]^n}{|\nu(b) - \overline{\nu(a)}|},$$

$$|f'(\alpha)| < \frac{2\mathfrak{J}[\nu(a)]}{|\nu'(a)|\,[1 - |\alpha|^2]},$$

et, dans l'hypothèse $f'(\alpha) = f''(\alpha) = \ldots = f^{(n-1)}(\alpha) = 0$,

$$|f^{(n)}(\alpha)| < \frac{2.n!\,\mathfrak{I}[\nu(a)]}{|\nu'(a)|[1-|\alpha|]^n}$$

$\left[\nu(x)\right.$ est le rapport des demi-périodes de l'intégrale $\left.\int \frac{du}{\sqrt{u(u-1)(u-x)}}\right]$.

La fonction

$$F(x) = \frac{\nu[f(x)] - i}{\nu[f(x)] + i}$$

est bornée, $|F(x)| < 1$ pour $|x| < 1$ et l'on peut lui appliquer les inégalités écrites dans la première partie de cette Note.

L'égalité pour la formule qui donne $|\beta - \alpha|$ est atteinte dans le cercle ouvert $|x| < 1$. Par exemple, si $\alpha = 0$, la fonction donnant l'égalité est

$$f(x) = \lambda\left[i\,\frac{1 + F(0) + x[1 + \overline{F(0)}]}{1 - F(0) - x[1 - \overline{F(0)}]}\right].$$

Soit $f(x)$ *une fonction méromorphe dans le cercle* $|x| \leqq 1$, *mais telle que*

$$|f(x) - A| \geqq B.$$

Le pôle le plus rapproché de l'origine a un module plus grand que

$$\left|\frac{B}{f(0) - A}\right|;$$

on a

$$|f'(\alpha)| \leqq \frac{|f(\alpha) - A|^2 - B^2}{B(1 - |\alpha|^2)} \qquad (|\alpha| < 1).$$

On obtient ces résultats en considérant $\varphi(x) = \frac{B}{f(x) - A}$, qui est bornée.

OPTIQUE. — *La diffusion de la lumière par le krypton et le xénon.* Note (¹) de MM. J. **Cabannes** et A. **Lepape**, transmise par M. A. Cotton.

De la famille des cinq gaz rares, l'argon, le néon et l'hélium ont été déjà étudiés au point de vue de la diffusion de la lumière. L'argon et le néon diffusent transversalement une lumière à peu près polarisée. L'un de

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

nous (1) a trouvé, pour l'argon éclairé en lumière naturelle, une dépolarisation ρ comprise entre 0,005 et 0,008. Les mesures faites sur le néon (2), plus difficiles parce que ce gaz diffuse moins de lumière, ont donné, avec une précision moindre, $\rho < 0,010$. Enfin Lord Rayleigh (3) a trouvé pour l'hélium, à la suite de mesures encore plus difficiles et moins précises, $\rho < 0,065$. Aucun des gaz étudiés n'était pur; ils contenaient de 3 à 9 pour 100 d'azote; il fallait en faire l'analyse et corriger la valeur de ρ.

Dans le travail actuel, nous avons tenu à opérer sur des gaz parfaitement purs.

Les gaz ont été préparés suivant une méthode que l'un de nous publiera ultérieurement et ils ont été purifiés par absorption fractionnée sur le charbon de noix de coco refroidi. La purification a été poursuivie jusqu'à ce qu'un nouveau fractionnement rende spectralement identiques (région visible des spectres d'étincelles directe et condensée, sous diverses pressions) des fractions de tête et de queue formées de moins du centième de la masse totale.

Chaque gaz a été introduit dans un récipient formé de deux tubes de verre croisés, soufflés à une extrémité, recourbés en corne à l'autre extrémité. De tels récipients, tout en verre, sans mastic, sont nécessaires pour assurer la pureté parfaite des gaz; ils ont l'inconvénient que les faisceaux lumineux traversent les lames soufflées qui peuvent déformer les images et modifier l'état de polarisation de la lumière, mais nous avons vérifié que, si le verre est assez mince et bien recuit, il n'a pas d'action gênante. L'un des tubes contient 215^{cm^3} de krypton introduit à 21° sous $70^{cm},5$ de mercure; l'autre, 100^{cm^3} environ de xénon, introduit à 21° sous 70^{cm}.

Dépolarisation de la lumière diffusée transversalement. — Les mesures (4) faites au soleil, en lumière naturelle, par photographie, ont donné pour le krypton et le xénon $0,0040 < \rho < 0,0070$, avec 0,0055 comme valeur la plus probable (température voisine de 28°).

---

(1) *Ann. de Phys.*, t. 15, 1921, p. 120. Le gaz étudié contenait 8,7 pour 100 d'azote et 0,3 pour 100 d'oxygène, et l'on avait admis $\rho_{N^2} = 0,028$ et $\rho_{O^2} = 0,054$. Les mesures les plus récentes ont donné $\rho_{N^2} = 0,0375$ et $\rho_{O^2} = 0,0645$. La valeur calculée pour l'argon pur était donc trop forte; il faut prendre comme valeur probable 0,0055 au lieu de 0,0065.

(2) *J. de Phys.*, t. 4, 1923, p. 277.

(3) *Proc. roy. Soc.*, t. 98, 1920, p. 58.

(4) *J. de Phys.*, *loc. cit.*, p. 436.

Intensité diffusée. — Le krypton et le xénon ont été comparés à l'air sec par photographie (¹). L'ensemble des poses durait moins de 20 minutes et le rayonnement solaire n'avait pas le temps de varier. Dans les mêmes conditions de température et de pression le krypton diffuse 1,95 fois plus que l'air et le xénon 5,45 fois plus. L'erreur commise n'atteint pas 0,04.

Conclusions. — Dans la théorie primitive de Lord Rayleigh, qui assimile les molécules à des particules isotropes, la diffusion est proportionnelle à $(\mu - 1)^2$, en désignant par μ l'indice de réfraction. Si l'on tient compte de l'anisotropie des molécules, elle doit être proportionnelle à $(\mu - 1)^2 \frac{6(1+\rho)}{6-7\rho}$. Le tableau donne les valeurs théoriques en face des résultats expérimentaux

			Valeurs proportionnelles à	
	Dépolarisation.	Diffusion mesurée.	$(\mu-1)^2$.	$(\mu-1)^2 \frac{6(1+\rho)}{6-7\rho}$.
Air	0,041	1	1	1
Krypton	0,0055	1,95	2,13	20,6
Xénon	0,0055	5,45	5,76	5,55

La conclusion la plus importante de ce travail nous paraît être la suivante : *la polarisation de la lumière diffusée transversalement par un gaz inerte parfaitement pur n'est pas totale. Cette dépolarisation ne varie pas sensiblement de l'argon au xénon.* Les atomes en état de choc (évidemment anisotropes) sont en nombre beaucoup trop faible pour expliquer cette dépolarisation; le champ électrique produit en un point par le déplacement électrique dans les atomes voisins donnerait, dans les conditions des mesures, une dépolarisation inférieure à 0,0001. Il semble donc bien que le résultat obtenu révèle une très légère anisotropie des atomes des gaz rares.

ÉLECTRICITÉ. — *Rôle de l'atmosphère dans la propagation des ondes hertziennes.* Note (²) de M. J. **Guinchant** (Extrait.)

L'intensité et la direction des ondes hertziennes subissent dans l'atmo sphère des perturbations notables qu'on a généralement rapporté à des causes électriques sans pouvoir établir l'existence de ces causes.

Si l'intervention d'actions électriques n'est pas *impossible*, par contre,

---

(¹) *Ann. de Phys., loc. cit.*, p. 126.

(²) Séance du 16 juillet 1924.

une action purement matérielle de l'atmosphère, déjà enregistrée par Kiebitz ([1]), semble intervenir d'une façon *certaine*.

Les anomalies de la propagation qui donnent lieu en optique aux différentes formes de mirage, doivent être beaucoup plus efficaces pour les longueurs d'onde utilisées en T. S. F.

1° La propagation de celles-ci n'exige pas une transparence optique de l'atmosphère.

2° Leur portée beaucoup plus grande rend plus sensibles et plus nombreuses les modifications rencontrées sur le trajet.

3° Les irrégularités dans la surface des couches ne seront que rarement de l'ordre des longueurs d'onde optique, tandis qu'elles ne dépasseront pas en général l'ordre des longueurs d'onde radiotélégraphiques.

4° La production d'un rayon de retour dans un milieu gazeux non homogène exige encore une autre condition signalée par M. Fabry ([2]). Il faut que l'épaisseur de la couche de passage ne soit pas grande par rapport à la longueur d'onde. Cette condition sera presque toujours satisfaite ici.

Je vais montrer que la décroissance normale de l'indice de l'air à mesure qu'on s'élève au-dessus du sol doit, contrairement à l'opinion admise (Kiebitz), ramener jusqu'au sol un rayon hertzien. Ce genre de mirage ne peut pas exister pour la lumière car dans une atmosphère formée de couches sphériques concentriques, de rayon r, un rayon de lumière se propagerait suivant la loi bien connue $nr \sin i =$ const. Pour qu'il revienne sur le sol il faut avant tout que son angle d'incidence avec la normale aille en croissant et puisse atteindre 90°. La condition pour que cet angle croisse est ([3]) $\frac{d(nr)}{dr} < 0$; or cette dérivée est certainement positive pour la lumière; il n'est pas admissible qu'elle soit négative pour l'indice hertzien, très voisin de l'indice optique. Mais la loi de propagation d'un rayon hertzien au voisinage du sol est toute différente de la loi de propagation d'un rayon lumineux dans l'atmosphère. Un rayon hertzien émis tangentiellement près de la surface d'une sphère conductrice se propage dans le diélectrique ambiant non en ligne droite comme un rayon de lumière, mais en restant parallèle à la surface, c'est-à-dire suivant un arc de cercle concentrique. La propagation est assimilable à celle d'un rayon de lumière *au voisinage d'un*

([1]) F. Kiebitz, *Jahrb. d. drahtl. Tel.*, t. 7, 1913, p. 154.

([2]) Ch. Fabry, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 112.

([3]) Voir la théorie de A. Schmidt dans Bosler, *Les théories modernes du Soleil*, p. 74.

plan et non au voisinage d'une sphère. On sait (¹) que dans la propagation à distance, *la courbure de la Terre intervient, mais elle ne gêne pas la propagation d'après ce que l'on sait de la propagation des ondes le long des corps conducteurs; les ondes s'infléchissent de manière à suivre la surface.*

En assimilant cette propagation à celle d'un rayon lumineux au voisinage d'un plan, le mirage sur les couches supérieures de l'atmosphère devient un phénomène normal.

L'indice hertzien n peut se déduire du pouvoir inducteur spécifique K par la relation de Maxwell $K = n^2$. Des mesures de K pour l'air, avec des longueurs d'onde de l'ordre de 1000^m, ont été publiées récemment (²); elles donnent pour les conditions normales une valeur moyenne $K = 1{,}0006$, d'où $n_0 = 1{,}0003$. L'indice hertzien de l'air est donc peu différent de son indice optique (il en est peut-être autrement pour la vapeur d'eau).

La condition pour qu'il y ait retour des rayons vers le niveau d'émission est étudiée à propos du mirage dans tous les traités d'optique; dans un milieu à couches parallèles, un rayon faisant un angle α_0 avec la couche initiale d'indice $n_0 = 1 + \varepsilon_0$ pourra subir un mirage sur la couche d'indice m

$$m = 1 + \varepsilon_0 - \frac{1}{2}\alpha_0^2.$$

Les lois de la réfraction atmosphérique permettent de calculer l'indice n en fonction de la hauteur y (voir Andoyer)

$$n - 1 = (n_0 - 1)\left(1 - a\frac{y}{r_0 + y}\right)^5,$$

ce qui donne pratiquement pour l'indice hertzien

$$n - 1 = 0{,}0003(1 - 0{,}021\,y)^5.$$

En résolvant par rapport à y on trouve la hauteur $y = h$ à laquelle existe la couche d'indice $n = m$ susceptible de mirer le rayon émis sous l'angle α_0

$$h = \frac{1}{0{,}021}\left[1 - \left(\frac{m - 1}{0{,}0003}\right)^{0{,}2}\right].$$

Pour déterminer en quel point le rayon rencontre à nouveau la surface,

---

(¹) A. Blondel, *Assoc. franc. pour l'av. des Sc.*, Nantes 1898, p. 212; Angers 1903, p. 407.

(²) E.-W.-B. Gill, *The Radio Review*, vol. 2, 1921, p. 450; $k = 1{,}00065$. — E.-C. Fritts, *Physical Review*, vol. 23, 1924, p. 341; $k = 1{,}00055$. — Bedeau, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 380; $k = 1{,}000586$.

il faut connaître l'équation de la trajectoire. On obtiendra simplement l'ordre de grandeur des distances cherchées en remplaçant la trajectoire par son centre de courbure, qui est surosculateur au sommet. La corde D ayant pour flèche h dans ce cercle mesurera la distance entre le point d'émission A et le point de retour A' sur le sol. Le calcul donne facilement

$$D = 2\sqrt{2h\frac{m}{m-1}\frac{1-0{,}021\,h}{0{,}105}}.$$

Voici le tableau des valeurs de m, h et D pour quelques angles d'émission α_0 (angle du rayon avec le sol) :

α...	10'.	20'.	30'.	1°.	80'.
$(m-1).10^6$....	293	283	262	148	30
h en km.......	0,130	0,550	1,26	6,24	17
D en km.......	180	380	500	1670	5270

Ces valeurs correspondent à des portées usuelles. On vérifie d'ailleurs que la condition de Fabry est largement satisfaite.

Il résulte de ces considérations théoriques que l'assimilation des ondes hertziennes aux ondes lumineuses a fait à tort rejeter pour les premières l'existence de phénomènes qui ne se produisent pas pour les secondes. L'état de la basse atmosphère doit être un facteur essentiel dans la propagation des ondes radiotélégraphiques; les recherches de M. Mesny (¹) l'avaient déjà conduit expérimentalement à cette conclusion.

Les changements momentanés d'intensité et de direction des ondes, les différences de réception de jour et de nuit, l'influence des saisons, etc. s'expliquent facilement par les variations météorologiques normales.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Activation catalytique de l'éthylène par le nickel organométallique.* Note (²) de MM. **André Job** et **René Reich**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons signalé dans une Note récente (³) qu'une solution éthérée de C^6H^5MgBr traitée par un excès de chlorure de nickel donne naissance à un dérivé du nickel capable de fixer un certain nombre de molécules incom-

(¹) Mesny, *L'onde électrique*, t. 1, 1922, p. 501 et 576; t. 2, 1923, p. 358.

(²) Séance du 28 juillet 1924.

(³) A. Job et R. Reich, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1439.

plètes telles que CO, NO, C^2H^4, C^2H^2 et l'hydrogène lui-même; nous faisions prévoir que ces molécules pourraient être activées ainsi pour d'autres réactions.

L'action de l'éthylène a retenu d'abord notre attention. On peut agiter dans l'éthylène une solution éthérée de magnésien sans constater d'autre phénomène que la simple dissolution du gaz dans le milieu. Nous pensions qu'en ajoutant à ce système des doses déterminées et croissantes de chlorure de nickel [1], nousobserverions une fixation d'éthylène proportionnelle à ces doses. La réalité est tout autre : le volume total de l'éthylène fixé ne dépend pas de la dose de chlorure de nickel, mais bien de la quantité de magnésien employé.

Pour observer le phénomène dans toute sa netteté, il est nécessaire de prendre les précautions suivantes. A aucun moment la température ne doit s'élever; aussi on ajoutera le chlorure de nickel par petites fractions et l'on aura soin de refroidir le système par un courant d'eau à 6°; il est même nécessaire de maintenir cette température constante afin d'affranchir la mesure des volumes absorbés de toute cause d'erreur due aux variations de solubilité de l'éthylène et de la tension de vapeur de l'éther. Le chlorure de nickel employé doit être anhydre et rigoureusement pur; nous le préparions en faisant agir le chlore sur du nickel pur réduit et sublimant ensuite le chlorure obtenu. Nous préparions l'éthylène en réduisant le bromure d'éthylène pur par le zinc; le gaz avant absorption passait sur de la baryte caustique et de l'anhydride phosphorique.

Ces précautions étant prises, les observations deviennent très concordantes, et l'exemple type qui va suivre pourra les résumer toutes.

On prend 250^{cm^3} d'une solution éthérée de C^6H^5MgBr, soit $0^{mol},296$ [2]. Cette solution est d'abord saturée d'éthylène à la température de 6°. On y introduit $1^g,39$ de $NiCl^2$ anhydre et finement pulvérisé. La solution noircit, et, peu à peu, se déclare une absorption d'éthylène qui, après une demi-heure d'agitation, prend une vitesse de 300^{cm^3} en 5 minutes. Cette vitesse se maintient sensiblement constante pendant 2 heures, puis s'atténue et finit par s'annuler lentement sur une absorption totale de 10040^{cm^3} (0°, 760^{mm}) au bout de 6 heures (soit $0^{mol},451$). Pour une molécule de magnésium, nous n'avons introduit que $0^{mol},036$ de chlorure de nickel et nous avons fixé $1^{mol},52$ d'éthylène, soit 42^{mol} d'éthylène par atome de nickel.

---

(1) Au lieu d'opérer avec un excès de $NiCl^2$ comme nous l'avions fait précédemment.

(2) Le dosage du magnésien est fait par la méthode à l'iode. Voir A. JOB et R. REICH, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 33, 1923, p. 1414.

Nous trouvons bien là tous les caractères d'une réaction catalytique. Nous avons donc réalisé l'activation prévue de l'éthylène et c'est le magnésien lui même qui lui sert d'accepteur.

Nous avions d'abord pensé que l'activateur d'éthylène était du nickel colloïdal. Mais nous avons maintenant des raisons de croire que c'est plutôt un dérivé phénylé du nickel et nous nous attacherons à en faire une étude approfondie.

La solution ainsi obtenue est complexe et nous ne sommes pas encore en mesure d'en indiquer tous les constituants. Mais dès à présent nous pouvons affirmer que le magnésien initial a complètement disparu et qu'il a fait place à des magnésiens nouveaux. Voici en effet ce que nous avons observé. Par réaction de l'eau nous avons obtenu, d'une part, un gaz constitué en majeure partie par de l'éthane et, d'autre part, un mélange liquide de carbures où nous n'avons pas trouvé de benzine, mais dans lequel nous avons caractérisé, comme produits principaux, l'éthylbenzène, le styrolène, le diphényle. Il contient aussi une quantité notable de carbures passant au delà de 270°.

La réaction de l'acide carbonique donne naissance à des acides parmi lesquels nous avons reconnu un peu d'acide formique, de l'acide propionique et de l'acide phénylpropionique.

Il y a lieu de rappeler que Balsohn [1] avait fait réagir l'éthylène sur le benzène à 70° en présence de chlorure d'aluminium. Il n'a trouvé dans les produits obtenus que des éthylbenzènes et pas de quantités sensibles de styrolène ou de diphényléthylène.

Ici, la présence de l'éthane et du styrolène nous révèle un mode de réaction tout différent. Aussi bien les conditions sont tout autres; c'est un magnésien qui sert d'accepteur à l'éthylène et le catalyseur lui-même est un organométallique. Nous avons formé un système d'une extrême mobilité où les possibilités de réaction se multiplient. En même temps nous opérons à plus basse température. Ce sont là des conditions propres à nous laisser plus facilement saisir les formes instables et entrevoir le jeu des mécanismes.

Bref, nous croyons réaliser un progrès en introduisant la catalyse dans le domaine des organométalliques.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. 31, 1879, p. 540.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les éthers cellulosiques solubles des acides gras supérieurs éthyléniques.* Note (¹) de M. **H. Gault** et Mlle **M. Urban**, présentée par M. A. Haller.

Comme suite à l'étude des éthers-sels cellulosiques solubles des acides gras *saturés* supérieurs, effectuée par l'un de nous en commun avec M. P. Ehrmann (²), nous avons entrepris des recherches sur l'obtention des cellulosides d'acides gras supérieurs *éthyléniques* (série oléique).

Nous exposons dans cette Note les résultats que nous avons obtenus avec l'acide undécylénique $C^{11}H^{20}O^2$.

Nous avons eu recours, dans ce cas encore, à la réaction classique d'éthérification par le chlorure d'acide en présence de pyridine : en partant d'hydrocellulose sulfurique, nous avons obtenu avec de bons rendements (60 pour 100) un undécylénate de cellulose soluble.

Mode opératoire. — On fait réagir à 110°-120°, en milieu choisi, par exemple en milieu toluénique, le chlorure d'undécylényle sur la cellulose dégradée (hydrocellulose) préalablement imbibée d'un mélange de toluène et d'un excès de pyridine. On maintient la température en chauffant au bain de paraffine et l'on suit la marche de la réaction et la solubilisation par des prises d'essai régulières.

L'éthérisation est terminée en 1 heure et demie à 2 heures. On précipite par l'alcool, redissout la masse visqueuse dans le benzène et centrifuge la solution benzénique pour séparer l'éther insoluble. L'undécylénate de cellulose soluble est isolé sous forme de filaments de texture fibreuse par reprécipitation à l'alcool.

Propriétés. — L'undécylénate de cellulose obtenu dans ces conditions est soluble dans le benzène et, en général, les carbures aromatiques, le chloroforme, la pyridine, etc. Il est, par contre, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'acétone.

L'évaporation des solutions benzénique ou chloroformique fournit des pellicules translucides, souples et assez résistantes à la traction.

(¹) Séance du 21 juillet 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 124.

L'undécylénate de cellulose fond au-dessus de 190° : le point de fusion n'est pas net.

Il est très difficilement hydrolisable.

Constitution. — Le dosage de carbone et d'hydrogène (C pour 100 : 71, 1; H pour 100 : 9,4) nous porte à considérer ce celluloside comme un triundécylénate de cellulose (C pour 100 : 71,1; H pour 100 : 9,7).

Tous nos essais de dosage des acides gras par saponification directe sont restés sans résultat, en raison de la stabilité de cet éther vis-à-vis des agents d'hydrolyse.

Nous poursuivons ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés nitrosés et benzoylés de l'ésérine.* Note [1] de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Moureu.

L'obtention d'un isomère de l'ésérine, l'isoésérine, par l'action de CH^3CNO sur l'éséroline (et d'un dicarbanilide d'éséroline — la diphénésérine — par C^6H^5CNO), fut interprétée en son temps, par l'un de nous [2], comme étant due à la fixation de l'isocyanate sur un azote de l'éséroline. L'existence d'une base secondaire était ainsi implicitement admise. Mais, depuis que nous avons démontré [3] que les deux azotes de l'éséroline, aussi bien l'azote basique du noyau hétérocyclique que celui du noyau pyrrolique, étaient également méthyles et tertiaires, la formation de composés uréiques par l'action des isocyanates était devenue malaisée à expliquer.

Depuis lors, il nous a été donné de constater que cette réaction anormale n'était pas un phénomène isolé, mais que, dans nombre de cas, l'ésérine, l'éséroline et l'eséréthol se comportaient comme de véritables bases secondaires ; ainsi la fixation de NO sur toutes ces bases est depuis longtemps [4] observée par nous. Ces dernières réagissent également avec les chlorures d'acides, et notamment avec C^6H^5COCl pour former des dérivés acylés.

L'importance de ces faits en vue de la solution du problème constitutionnel de l'ésérine nous incite à ne plus en différer la publication, bien que le côté analytique de la question ne soit pas complètement achevé.

---

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) Max Polonovski, *Bul. Soc. chim.*, 4e série, t. 21, 1916, p. 29.

(3) Max et Michel Polonovski, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1896.

(4) Max et Michel Polonovski, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 35, 1923, p. 1126.

Nitrosoésérine. — Lorsqu'on ajoute à une solution d'ésérine dans un léger excès d'acide acétique, une solution concentrée de $NaNO^2$, on ne constate tout d'abord aucune modification ni dégagement gazeux; au bout de quelque temps la solution se trouble et une huile épaisse, légèrement jaunâtre, se dépose. Reprise par l'éther, elle est purifiée par lavage avec une solution diluée de soude, puis par quelques gouttes d'acide très dilué

Cette huile est neutre au tournesol, insoluble dans l'éther de pétrole, soluble dans les acides minéraux même dilués. La sensibilité du groupement uréthane aux divers réactifs permettant mal une étude plus approfondie de ce composé, nous avons préparé dans les mêmes conditions le dérivé nitrosé de l'éséréthol plus stable.

Nitrosoéséréthol. — Ce corps se présente aussi sous forme d'une huile à consistance épaisse incristallisable, se colorant à la longue à l'air, de réaction neutre, soluble dans la plupart des solvants organiques, sauf l'éther de pétrole, soluble également dans les acides dilués. Les sels sont aussi incristallisables, à part le picrate, qui cristallise facilement dans l'alcool en aiguilles jaunes fondant à 133°-134°. Ce dérivé peut servir d'intermédiaire pour purifier le dérivé nitrosé.

Le nitrosoéséréthol a un pouvoir rotatoire sensiblement nul. Les alcalis sont sans action sur ce dérivé. Les acides concentrés le décomposent à chaud avec dégagement de N^2O^3, et régénèrent la base primitive, l'éséréthol, que nous avons caractérisée par sa déviation $[\alpha]_D = -134°$ par son picrate (F. 133°) et son chlorozincate (F. 199°).

Benzoyléséréthol. — La benzoylation de l'ésérine et de ses dérivés par le chlorure de benzoyle à chaud conduit à des produits très colorés, difficiles à purifier. Il n'en est pas de même si l'on applique le procédé Schotten-Baumann. Cette opération s'effectuant en milieu alcalin ; c'est encore à l'éséréthol que nous avons dû nous adresser.

L'éséréthol, en suspension dans la soude diluée, est traité par son poids de C^6H^5COCl, versé goutte à goutte sous refroidissement et agitation continuelle. Le produit durcit de plus en plus, et l'on obtient finalement une masse très épaisse que l'on sépare de la solution surnageante et que l'on dissout dans l'éther. Celui-ci est lavé d'abord avec un acide très dilué jusqu'à disparition de la réaction alcaline, puis agité avec HCl au dixième, qui s'empare du produit benzoylé. Après alcalinisation et extraction à l'éther, ce composé se présente sous forme d'une masse qui devient pulvérulente au contact de l'éther de pétrole. C'est un produit neutre au tournesol, peu soluble dans les acides étendus, soluble dans les acides moyennement concentrés et dans tous les solvants organiques, sauf l'éther de pétrole; $\alpha_D = -51°$ (en solution benzénique).

Une ébullition prolongée avec de la soude alcoolique au dixième le saponifie presque complètement. Nous avons isolé en effet de la solution sodique l'acide benzoïque et caractérisé l'éséréthol régénéré.

Dejà nous avions dû précédemment faire appel à l'hypothèse d'une tautomérie de l'ésérine, pour expliquer l'obtention si facile de bases hydrées secondaires par simple hydrogénation. C'est également cette forme ouverte hydratée, l' « ésérinol » qui nous rend compte de l'existence de nitrosamines et de dérivés benzoylés, incompatibles avec la formule ordi-

naire de l'ésérine, base bitertiaire.

Ésérinol.

Nitrosoésérine.

Benzoylésérine.

Nous avons cherché à mettre autrement en évidence cette forme ouverte, hydratée de l'ésérine. Mais bien que nous ayions pu obtenir un composé répondant à la formule $C^{15}H^{21}N^{3}O^{2}, H^{2}O$, fondant à 82°, en décomposant un sel d'ésérine en solution aqueuse par $NaHCO^{3}$ et en laissant cristalliser la base à froid de cette solution concentrée, nous ne croyons pas qu'il représente la forme ésérinol attendue; ces lamelles brillantes ont, en effet, même pouvoir rotatoire et même solubilité que l'ésérine ordinaire : $[\alpha]_D = 75°$ (dans l'alcool à 90°).

Cet hydrate d'ésérine [1], maintenu à 100° jusqu'à poids constant, perd exactement 1^{mol} d'eau et se transforme en ésérine anhydre fondant à 106°.

---

(1) Solvay, en 1911, a signalé un dimorphisme de l'ésérine dont une forme cristalline fond à 86°; mais, outre cette petite différence dans le point de fusion, l'analyse qu'il donne de ce produit diffère d'une molécule d'eau de celui que nous décrivons ici.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sismographe à trois composantes, à enregistrement photographique.* Note [1] de MM. **Ch. Maurain** et **L. Éblé**, présentée par M. Bigourdan.

Nous avons établi, à l'occasion de l'étude de la transmission des ondes par le sol lors des expériences de La Courtine, un sismographe à ressorts, à trois composantes, avec enregistrement photographique; il est peu encombrant, et facile à transporter et à installer.

L'appareil destiné à l'étude d'une composante du mouvement du sol (*fig.* 1 et 2) comprend un long ressort plat, fixé à une de ses extrémités à un bloc de fonte et portant près de l'autre extrémité une masse M; l'extrémité libre du ressort est évidée et porte un fil fin; un autre fil semblable est porté par un lourd support reposant sur le bâti de l'appareil et présentant plusieurs libertés qui permettent le réglage de la position de ce deuxième fil; celui-ci est amené à être parallèle au premier, à une distance de 1 ou 2^{mm} par exemple; sur les deux fils on colle un miroir. Lorsqu'il se produit un mouvement relatif du sol et de la masse, le déplacement du premier fil engendre un mouvement de rotation du miroir autour du second.

Les deux éléments donnant des composantes horizontales du mouvement (que l'on prend rectangulaires) sont en principe identiques (*fig.* 1); l'amor-

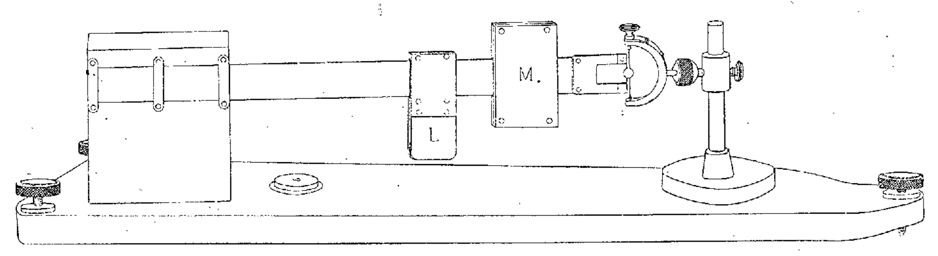


Fig. 1.

tissement était obtenu, dans nos expériences, en plongeant dans un liquide une lame verticale L fixée à la lame-ressort. Dans l'élément donnant la composante verticale (*fig.* 2), la lame-ressort, horizontale, est soutenue par un ressort à boudin; l'amortisseur comportait un piston plongeur (non figuré) au lieu d'une lame. Les lames-ressorts avaient 4^{cm} de largeur, $0^{cm},1$ d'épais-

(1) Séance du 16 juillet 1924.

seur, et une longueur libre de 43^{cm}. Dans ces conditions, les périodes propres des appareils étaient environ $0^s,5$ pour les deux éléments à composante horizontale et $0^s,17$ pour le troisième.

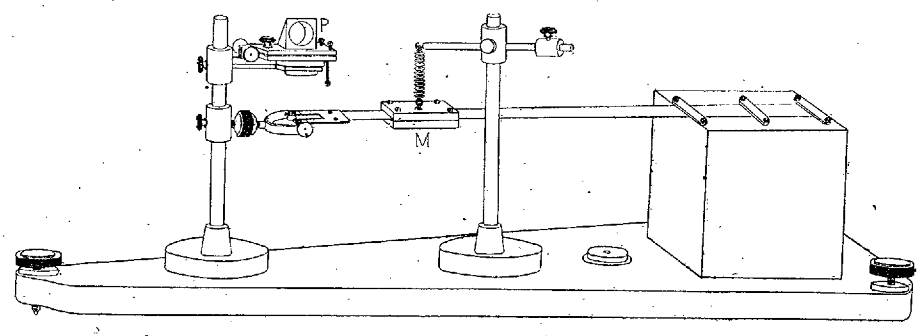


Fig. 2.

Le système enregistreur (*fig.* 3) est analogue à celui des appareils Mascart servant à l'enregistrement des trois éléments du champ magné-

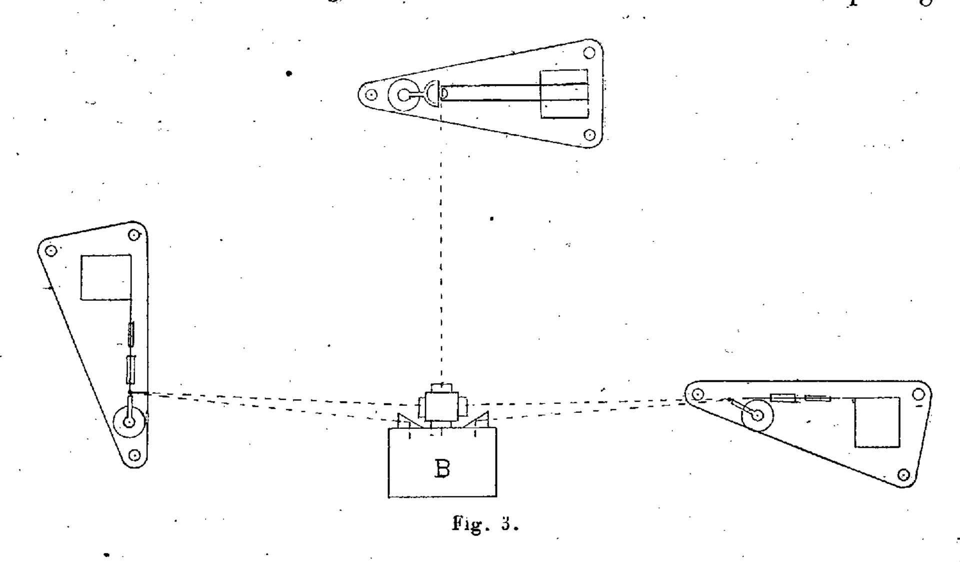


Fig. 3.

tique terrestre. Les appareils qui donnent les composantes horizontales rectangulaires du mouvement sont placés latéralement de part et d'autre de la lanterne; dans l'un le miroir est disposé comme il a été dit ci-dessus; dans l'autre, pour que le miroir se présente normalement au rayon, il est fixé sur une pièce coudée à angle droit, et c'est sur la partie de cette pièce perpendiculaire au miroir qu'on colle les deux fils. Les rayons lumineux sont reçus à leur retour sur des prismes à réflexion totale qui les renvoient,

par l'intermédiaire d'une fente horizontale réglable, dans l'intérieur de la boîte B où se déroule le papier. Dans l'appareil correspondant à la composante verticale, le miroir étant horizontal, le rayon lumineux passe par un prisme à réflexion totale P porté par une monture réglable (*fig.* 2) et revient directement sur la fente de l'enregistreur. La vitesse du papier enregistreur était de 1^{cm} par seconde; on peut en faire dérouler 10^{m} ou même davantage; la vitesse peut naturellement être variée suivant l'usage que l'on se propose de faire de l'appareil.

L'amplification statique est déterminée ainsi : on met en contact avec la masse de l'élément considéré l'extrémité d'une vis micrométrique qui peut être montée horizontalement ou verticalement; en tournant la vis, on fait avancer la masse d'une longueur connue, et du déplacement de la trace lumineuse sur le papier on déduit l'amplification. Elle était, dans les conditions où nous avons utilisé l'appareil, environ 600 et 1000 pour les composantes horizontales, et 450 pour la composante verticale.

Pour enregistrer le temps sur le même papier que les mouvements, nous avons employé le procédé suivant : devant la fente horizontale est un système optique qui projette sur le papier sensible l'image d'une petite lampe électrique; le circuit qui alimente celle-ci est commandé, par l'intermédiaire d'un relais, par un chronomètre qui donne des contacts réguliers d'une demi-seconde séparés par des intervalles égaux aussi à une demi-seconde; aux minutes franches, le contact est supprimé. On a ainsi sur le papier une suite de traits séparés par des intervalles égaux aux traits, avec une lacune toutes les minutes. La même fine fente horizontale, très près de laquelle passe le papier, commandant les quatre rayons lumineux, les enregistrements des trois composantes sont bien repérés par rapport au temps.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de la propagation de l'ébranlement des explosions de La Courtine.* Note (¹) de MM. **Rothé, Lacoste, Bois,** M^lle **Dammann** et M^me **Hée**, présentée par M. G. Bigourdan.

Nous indiquons ici les résultats obtenus avec l'un des instruments que le Bureau Central sismologique de Strasbourg avait installés pour collaborer aux expériences de La Courtine, un appareil Mintrop destiné à l'étude de la propagation par le sol des ondes de très courte période. *Agrandissement :* 14100; *période :* $0^{s},52$; *vitesse* de déroulement du cylindre enregistreur : 420^{mm} par minute. L'amortissement étant très faible, les ondes de

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

période supérieure ou égale à $0^s,5$ sont accusées par des impulsions brusques à partir desquelles l'instrument vibre avec sa propre période, et qui permettent donc de déceler seulement l'arrivée des différents trains. Cet appareil, installé à Aubusson (coordonnées $50^G,065$ N et $0^G,190$ E de Paris), a fourni des indications pour les quatre expériences; malheureusement celles de la première n'ont pu être utilisées, par suite d'un défaut dans le circuit inscripteur du temps. Nous désignons les phases obtenues par la lettre *e* (émergence) pour la deuxième expérience (23 mai), *a* pour la quatrième (26) et *b* pour la troisième (25), parce qu'il est difficile, à ces courtes distances, et pour des vibrations se propageant seulement dans un milieu aussi hétérogène que la couche supérieure de la lithosphère, de dénommer exactement les phases enregistrées. Nous avons cherché à distinguer sur les graphiques les trains de période déterminée et nous avons calculé les vitesses de propagation correspondantes. C'est surtout l'inscription obtenue le 23 mai qui peut se prêter à une étude détaillée. Seul le début manque de netteté, par suite des mouvements propres de l'appareil provoqués par la mise en marche du mouvement d'horlogerie; nous croyons néanmoins pouvoir l'indiquer avec une précision supérieure à 1^s, les autres émergences étant notées avec une précision de $0^s,1$. Le 25, on n'a enregistré que de longues ondes. Le tableau suivant indique les résultats obtenus pour l'ensemble de ces trois expériences :

	23 mai.			26 mai.			25 mai.		
Coordonnées...	$50^G,849133$ N et $0^G,123751$ E.			Mêmes coordonnées que le 23.			$50^G,831527$ N et $0^G,105975$ E.		
Charge.......	10^t de mélinite.			5^t enterrées.			5^t.		
Heure........	$19^h 59^m 50^s,6$.			$20^h 02^m 12^s,55$.			$9^h 00^m 00^s$.		
Distance......	$22^{km},24$.			22,24.			24,40.		
	Heures.	Périodes.		Heures.	Périodes.		Heures.	Périodes.	Vitesses.
	h m s	sec		h m s	sec		h m s	sec	
e_1...	19.59.54,8	1/2	a_1?..	20.02.17,4	1/25?				5,5
			a_2...	18,3	1/5				3,9
			a_3...	18,6	1/2				3,6
e_2...	59,2	1/5							2,6
e_3...	59,7	1/25							2,5
e_4...	20.00.01,1	1/5							2,1
e_5...	02,2	1/5				b_1....	9.00.13,2	1/2	1,9
e_6...	03,7	1/2							1,7
e_7...	21,5	1/2				b_2....	30,6		0,8-0,7
e_8...	31,5					b_3....	56,3		0,5-0,4
e_9...	44,3		a_4...	20.03.03,9		b_4....	9.01.02,3		0,4
e_{10}..	20.01.07,5								0,3
e_{11}..	14,0								0,3
e_{12}..	49,7		a_5...	56,7		b_5....	46,5		0,2
e_{13}..	55,8					b_6....	9.02.12,4		0,18-0,17
e_{14}..	20.02.05,1					b_7....	38,1		0,16-0,15
			a_6...	20.04.34,4					0,13

Remarque. — Entre e_1 et e_2 apparaissent de faibles ondes de 1^{sec} de période, qui deviennent très nettes à partir de e_5 et se terminent à e_6, auxquelles se superposent les ondes de 1/5 et 1/25 indiquées dans le tableau.

A. On voit que les débuts correspondent à une vitesse de l'ordre de 5,5 km/sec., résultat auquel on pouvait s'attendre d'après les faits connus. Les vitesses des premières ondes des tremblements de terre, observées à des distances rapprochées, ont été trouvées voisines de 5,5 km/sec. Ce sont les ondes appelées par Mohorovičić $\overline{P}$ *soulignées* ou individuelles, et qu'on pourrait appeler *uniformes* ou continues par opposition aux ondes P *normales* qui se briseraient par réfraction sur une surface de discontinuité à la profondeur de 50^{km} environ.

B. Il était intéressant de rechercher par le calcul quelle devrait être la durée de propagation pour les ondes $\overline{P}$ continues, les seules dont il puisse être question ici, l'observation ayant montré que les ondes P normales n'apparaissent qu'à une distance d'environ 300^{km}. Les équations établies par Mohorovičić, admettant pour la loi de variation de la vitesse avec la profondeur la formule polytropique

$$\frac{V}{V_H} = \left(\frac{R_H}{R}\right)^K,$$

où R_H et V_H sont la distance de l'hypocentre au centre de la Terre, et la vitesse à l'hypocentre, V la vitesse à la distance R du centre de la Terre, se simplifient notablement quand on suppose le foyer superficiel et deviennent :

$$\text{Durée du trajet } t = \frac{R_0}{(K+1)V_0}\sqrt{1-\left(\frac{R_m}{R_0}\right)^{2(K+1)}}.$$

Dans cette formule R_0 désigne le rayon de la Terre, V_0 la vitesse à la surface. La plus courte distance R_m du rayon sismique au centre de la Terre est donnée par la formule

$$R_m = R_0 \sqrt[K+1]{\cos e_0},$$

où e_0 est l'angle d'émergence.

L'angle au centre θ_0, qui sous-tend l'arc joignant l'épicentre à la station est relié avec e_0 par la formule

$$\theta_0 = \frac{2e_0}{K+1}.$$

Les valeurs adoptées par Mohorovičić sont K = 3,049 avec une vitesse de

5,6 km/sec à une profondeur de 25^{km}, ce qui correspond à 5,53 km/sec à la surface de la Terre. En appliquant les formules précédentes, on trouve, pour une distance épicentrale de $22^{km},24$ mesurée sur l'arc de grand cercle, une durée $t = 4^s,10$.

C. La flèche de la trajectoire est si faible pour une telle distance qu'on peut, sans erreur appréciable, confondre la trajectoire sismique avec une droite : en adoptant une vitesse de propagation constante de 5,53 km/sec on trouverait alors une durée de $4^s,02$.

Les résultats exprimés ci-dessus indiqueraient donc une concordance presque inespérée entre le calcul et l'observation, et la vitesse trouvée serait précisément celle des premières ondes des tremblements de terre naturels, observés à courte distance.

D. On peut également faire un calcul en supposant le sol divisé en couches concentriques, où les vitesses de propagation sont différentes. Ce calcul, indiqué ailleurs (¹), fait voir que des ondes de différentes natures, ayant suivi des trajets différents, peuvent se superposer à l'arrivée; et peut-être peut-on expliquer par cette superposition, le manque de netteté de l'arrivée des S, fait déjà constaté pour les explosions précédentes, et en particulier pour celle d'Oppau.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le rendement énergétique dans la croissance des végétaux supérieurs aux dépens des hydrates de carbone.* Note de M. **E.-F. Terroine**, Mlle **S. Trautmann** et M. **R. Bonnet**, transmise par M. Guignard.

La mesure du rendement énergétique des processus de germination a permis à Terroine, Bonnet et Jössel (²) de constater une valeur élevée (74 pour 100) pour les graines dont les réserves sont à peu près uniquement constituées par des hydrates de carbone (riz, sorgho) et sensiblement plus faible (53 pour 100) pour celles à réserves grasses (arachide, lin).

Cette constatation nous a paru poser une série de problèmes et tout particulièrement les suivants :

1° Une plantule ne peut-elle se développer qu'aux dépens de substances identiques

(¹) *Bulletin du Bureau Central sismologique.*

(²) *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 357-393.

ou analogues à celles présentes dans la graine ou, au contraire, peut-elle employer pour son édification une chaîne carbonée différente de celle qui lui est habituellement offerte?

2° Bien que le travail de Terroine, Bonnet et Jöessel ait établi, par des comparaisons d'espèces, que la valeur du rendement était fonction, non de l'espèce considérée, mais de la composition de la graine, il était indiqué de rechercher si — une fois résolu par l'affirmative, le problème précédemment posé — on modifierait le rendement en offrant à la plantule une chaîne ternaire autre que celle habituellement utilisée. En d'autres termes, il convenait de préciser si, pour un même ensemble de substances formées et en même proportion, le rendement est uniquement fonction de l'aliment offert ou s'il est influencé par l'espèce.

3° Plusieurs travaux, ceux de Molliard en particulier, ont fait apparaître des différences très nettes quant à la facilité d'absorption et à la valeur nutritive des divers sucres pour les végétaux supérieurs en l'absence d'assimilation chlorophyllienne. Il était donc nécessaire de rechercher si la nature des divers sucres offerts comme unique aliment organique entraînait des variations de rendement énergétique.

Pour répondre à toutes ces questions, nous avons tenté d'obtenir, à l'obscurité, la croissance de plantules d'arachides séparées des cotylédons, sur le milieu chimique ci-dessous, dans lequel varie seule la nature du sucre présent :

Eau.....................	1000g	Chlorure de calcium......	0g,12
Nitrate de potasse.........	5	Sulfate ferreux...........	traces
Phosphate monopotassique.	0,25	Sucre....................	20g
Sulfate de magnésie........	0,25	Gélose (pour solidifier)....	5

Les résultats observés, dont le détail sera donné dans un prochain Mémoire, sont réunis dans le tableau ci-dessous :

Sucre étudié.	Nombre de déterminations.	Rendement énergétique brut. Valeur moyenne.	Valeurs extrêmes.
Arabinose............	»	Aucun développement	»
Xylose...............	»	id.	»
Glucose..............	5	0,67	0,65 à 0,70
Lévulose.............	4	0,75	0,73 à 0,77
Galactose............	»	Aucun développement	»
Saccharose...........	4	0,70	0,70 à 0,72
Maltose..............	5	0,68	0,67 à 0,70
Lactose..............	»	Aucun développement	»

L'examen de ces résultats permet une réponse précise à toutes les questions posées :

1° La matière grasse n'est nullement indispensable à l'arachide pour son

développement, lequel peut s'opérer aux dépens d'hydrates de carbone, comme celui du riz ou du sorgho. Il n'y a donc pas une liaison nécessaire entre une plantule et la nature des réserves de la graine.

2° Le rendement énergétique dans la croissance de l'arachide sur hydrate de carbone est beaucoup plus élevé que celui observé dans la germination, aux dépens des matières grasses de la graine. La valeur du rendement, qui varie, si l'on réunit tous les sucres étudiés, de 65 à 77 pour 100, est donc, en moyenne, extrêmement voisine de celle observée lors du développement du riz et du sorgho. C'est donc la démonstration certaine du fait que le rendement, conditionné par la constitution chimique de l'aliment, n'est en rien influencé par l'espèce. C'est en outre la confirmation de la manière de voir exprimée par Terroine, Bonnet et Jöessel; la formation de la cellulose, processus principal de l'édification de la plantule, se fait beaucoup plus économiquement aux dépens des hydrates de carbone que des graisses; la transformation des graisses en hydrates de carbone est donc accompagnée par une perte d'énergie.

3° La comparaison des quatre sucres qui permettent le développement montre la quasi-identité de valeur de glucose, du maltose et du saccharose et une légère supériorité du lévulose, conclusion déjà formulée par Terroine et Wurmser pour le cas de la multiplication du *St. nigra*.

CYTOLOGIE. — *Observations cytologiques sur le bulbe de* Lilium candidum *L.* Note (1) de M. **L. Emberger**, transmise par M. Flahault.

Le bulbe de Lis n'est jamais à l'état de vie ralentie. Pendant la période de vie souterraine, il continue à végéter très activement : il prépare la pousse du printemps suivant, procède à la formation de nouveaux bulbes à l'aisselle des écailles.... Chemin faisant, le bulbe s'exfolie ; les écailles les plus vieilles pourrissent, tombent; des écailles du centre, plus jeunes, deviennent externes.

Tous ces phénomènes impliquent un métabolisme actif. Nous avons tenté d'en observer les manifestations morphologiques, en particulier en ce qui concerne l'amidon.

Nous avons observé des bulbes de Lis récoltés en mai et juin, après la floraison. Les observations ont été faites sur le vivant.

(1) Séance du 21 juillet 1924.

Le bulbe de Lis est un objet d'études cytologiques vitales des plus remarquables.

Dans les écailles jeunes, l'amidon apparaît très rapidement sur des chondriosomes arrondis ou en courts bâtonnets qui subissent, avant d'élaborer l'hydrate de carbone, une période de gonflement. Ces grains grossissent très rapidement; la substance fondamentale qui les forme ne disparaît jamais. Elle se voit encore dans les très gros grains sous forme d'une calotte peu réfringente opposée au hile du grain. A côté de ces gros grains d'amidon on remarque la présence de petits plastes ayant à peine commencé l'amylogénèse et des chondriosomes filamenteux très allongés ne participant jamais à la formation d'amidon. La graisse abonde dans les cellules; elle est sous forme de petites gouttelettes très réfringentes et très mobiles. Les vacuoles sont très grandes.

L'écaille adulte présente tous ces éléments cytologiques avec la plus grande netteté. L'amidon y est particulièrement abondant.

Examinons les écailles externes, celles qui sont destinées à tomber à brève échéance. Des coupes transversales faites à travers ces écailles montrent que l'amidon y est peu abondant et qu'il manque à peu près complètement dans celles qui sont sur le point de tomber. Cependant, ces écailles sont encore parfaitement turgescentes et leurs cellules bien vivantes. Il faut croire que l'amidon a émigré.

En observant en détail les cellules de ces écailles on peut voir la disparition progressive de l'amidon. Les grains perdent leur forme ovoïde; ils deviennent minces, étroits, effilés; ils « fondent » dans le cytoplasme comme le cristal fond dans son solvant. Les zones concentriques deviennent plus visibles. En même temps que le grain se dissout, le substratum mitochondrial réapparaît; il se présente après la disparition complète de l'amidon sous forme de masses arrondies, monoliformes, plus ou moins allongées. Lorsque l'écaille est encore assez vivante on peut voir ces masses se contracter et devenir de nouveau des chondriosomes typiques. Le cycle morphologique de l'amylogénèse est ainsi fermé. Mais souvent l'écaille est sur le point de tomber lorsque tout son amidon a disparu, et la vitalité des cellules n'est plus assez grande pour ramener l'ancien amyloplaste à l'état de chondriosome parfait. Le premier phénomène de dégénérescence s'observe chez les globules graisseux. Ceux-ci sont immobilisés et agglomérés en amas avant la cessation des mouvements cytoplasmiques.

Les méthodes cytologiques de fixation montrent les mêmes choses que sur le vivant.

Il est habituel chez les végétaux que les gros grains d'amidon mis en réserve se résorbent par une véritable digestion amenant la disparition complète des plastes (cotylédons). Or, voici chez le Lis un cas de résorption des réserves hydrocarbonées par un procédé plus délicat respectant le substratum mitochondrial qui pourrait entrer de nouveau dans une phase élaboratrice si la vitalité des écailles durait davantage. Ces observations morphologiques cadrent aussi avec les recherches de M. Maige exposées ici-même. La manière dont s'opère la « fonte » du grain d'amidon dans le cytoplasme rappelant vivement la dissolution d'un cristal dans un solvant invite à penser que l'agent de l'hydrolyse de l'amidon, l'amylase, est dans le protoplasme et non dans le plaste, alors que la condensation du sucre aurait son siège dans le substratum mitochondrial.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles observations sur le réflexe photomoteur.* Note (¹) de M. **Couvreux**, transmise par M. Blondel.

Dans une Note précédente (²), nous avons donné les lois de la constriction pupillaire en lumière blanche pour un éclairement bien défini du fond d'adaptation occupant tout le champ visuel. Il était intéressant de rechercher ce que devient cette constriction lorsqu'on voit le fond sous un diamètre apparent limité. La technique est la même que pour l'observation des fonds d'adaptation illimités (³), sauf que l'écran est visé avec une véritable lunette. On le place de façon que son image réelle se fasse dans le plan focal du verre oculaire et l'on diaphragme sur cette image. L'anneau oculaire du système doit, bien entendu, être plus grand que la pupille d'entrée de l'œil. Ce dispositif nous a seul permis d'éviter complètement l'éclairement du diaphragme tout en conservant l'éclat du fond.

Les mesures que nous avons faites sont résumées dans le tableau suivant :

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 415.

(³) André Broca, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 415.

		Diamètres apparents du fond.						
		Tout le champ visuel.	$\frac{40}{1000}$.	$\frac{30}{1000}$.	$\frac{20}{1000}$.	$\frac{10}{1000}$.	$\frac{5}{1000}$.	$\frac{2,5}{1000}$.
Éclairements en lux.	500	2,6	2,75	3,0	3,35	4,1	4,6	5,0
	50	3,1	3,15	3,5	3,55	4,2	4,65	5,0
	20	3,5	3,6	3,7	3,9	4,3	4,7	5,0
	5	4,0	4,05	4,1	4,35	4,55	4,8	5,1
	2,5	4,5	4,55	4,6	4,65	4,8	4,95	5,2
	1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,95	5,0	5,25
	0,5	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,3
		Diamètres pupillaires en millimètres.						

Tous ces résultats sont relatifs à la réaction pupillaire quand le fond vient centrer son image sur l'axe visuel de l'œil en observation, l'autre œil étant obscuré.

Il est beaucoup plus difficile d'étudier la pupille lorsque le fond vient former son image en dehors de l'axe visuel, parce qu'alors le point de fixation n'étant plus éclairé, il est impossible de s'assurer si l'on est désaccommodé; on peut cependant se rendre compte d'une manière assez exacte de l'allure des phénomènes :

Au voisinage de la macula, la constriction pupillaire à surface égale et égal éclairement du fond, décroît très rapidement, sans qu'il soit d'ailleurs possible de mettre en évidence une discontinuité : c'est là l'expression du réflexe maculaire. Puis cette décroissance se fait de plus en plus lentement à mesure qu'on s'éloigne davantage de la vision centrale.

Au voisinage de la macula, les fonds dont le diamètre apparent sont supérieurs à $\frac{50}{1000}$ environ déterminent sensiblement le même degré de réaction qu'un fond de $\frac{50}{1000}$ également éclairé et la constriction diminue pour des diamètres du fond inférieurs à cette valeur, tout comme pour la macula. Mais à mesure qu'augmente l'angle de l'axe visuel avec celui du fond, le diamètre apparent minimum diminue, qui produit la même constriction que des fonds plus grands, si bien qu'à la limite du champ visuel le diamètre pupillaire semble ne plus dépendre que de l'éclat du fond et non de sa grandeur. C'est à partir de 45° environ que la pupille commence à être insensible à un diamètre apparent du fond, comme l'avait déjà montré M. André Broca qui, étudiant la question au point de vue industriel, opérait avec des sources agissant sous cet angle sur l'œil et, ne pouvant mesurer avec les instruments dont il disposait alors les faibles variations du diamètre pupil-

laire dues à l'action de leur surface avait conclu que « chaque point de la rétine se défend à peu près comme s'il était seul ».

Nos déterminations corroborent ce fait pratiquement important :

Une source indirecte, même éloignée, a un effet très nuisible sur la vision ; il faut tenir un large compte de ce fait dans les installations d'éclairage.

Ce qu'il y a de très remarquable dans les courbes de constriction pupillaire qui traduisent nos mesures, c'est qu'elles présentent deux parties bien caractérisées : l'une de variation rapide pour les basses lumières, l'autre de variation lente pour les hautes lumières. Il y a là deux modes de réaction tout à fait différents et c'est pour des éclats correspondant à des éclairements d'une dizaine de lux que se fait le raccordement entre les deux parties. Or la courbe de l'acuité visuelle présente elle-même une allure tout à fait analogue : croissance rapide de l'acuité pour des éclairements inférieurs à une dizaine de lux, puis variation lente de cette acuité pour des éclairements plus considérables. La concordance est frappante et se comprend très simplement si l'on admet la théorie basée sur les connexions horizontales des cellules visuelles découvertes par Ramon y Cajal que M. André Broca a donnée pour expliquer la variation de l'acuité visuelle avec l'éclairement. Pour les faibles éclats il s'établirait entre des groupes de cellules visuelles des connexions horizontales destinées à les mettre en batterie sur une même cellule centrale afin de permettre à celle-ci d'arriver plus vite au degré d'excitation qui correspond au seuil de la sensation et l'acuité est alors celle qui correspond au groupe de cellules liées entre elles. Lorsque l'éclairement devient supérieur à une dizaine de lux chaque cellule est autonome et la variation de l'acuité ne se fait plus que par la migration du pigment rétinien qui, en étranglant les cônes, diminue leur section droite et, corrélativement le diamètre apparent qu'ils peuvent séparer. Ainsi, pour les faibles éclairements, la défense de la rétine contre la lumière se ferait tout entière par la pupille et la variation d'ouverture de celle-ci serait rapide. Lorsque l'éclat est suffisamment grand, la protection de la rétine se ferait surtout par le pigment rétinien, et la contraction de la pupille, dont le rôle de défense se trouverait ainsi vicarié, ne se ferait plus que lentement.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mesures potentiométriques sur le* P_H *de la substance des œufs d'Oursin*. Note (¹) de MM. **F. Vlès, P. Reiss** et **E. Vellinger**, transmise par M. Henneguy.

Dans une série de Notes antérieures (²), on a vu que la méthode des indicateurs donne pour le P_H intérieur apparent de l'œuf d'Oursin des valeurs assez basses, de l'ordre de 5,5 à 6. De telles indications pouvant comporter, dans un milieu aussi particulier qu'un protoplasma cellulaire, des causes d'erreur de nature et de grandeur inconnues, nous avons tenté de contrôler les résultats par la méthode potentiométrique.

La mesure du P_H à l'électrode à hydrogène étant pour le moment pratiquement impossible sur des œufs isolés, on a été dans l'obligation d'opérer sur une grande masse d'œufs mis en purée; mais une opération de cette sorte, faite sans précautions spéciales, n'aurait pas eu de sens : on sait qu'un œuf lésé mécaniquement évolue très vite, et élève son P_H, vraisemblablement par fuite de CO^2. Il fallait donc réaliser la purée d'œufs dans des conditions permettant la mesure avant une perte appréciable de ce constituant. On a tourné la difficulté en broyant les œufs solidifiés par congélation et en effectuant la mesure potentiométrique dans une électrode à H close, au voisinage immédiat du point cryoscopique de la pâte congelée. Une telle technique a soulevé bien entendu toute une série de problèmes accessoires touchant la marche des mesures potentiométriques sur chaînes liquides à basse température, et a nécessité en particulier l'étalonnage au voisinage de 0° de l'électrode à calomel saturée ($E_{0°} = 260$ millivolts).

Les œufs vierges d'un certain nombre de femelles mûres de *Paracentrotus lividus* Lk. (de Monaco) sont lavés plusieurs fois par décantation dans des eaux de mer successives, et concentrés par sédimentation dans le minimum de liquide; puis la masse d'œufs, introduite dans un tube à deux orifices, décrit précédemment, est congelée à —15°; la baguette d'œufs obtenue est rapidement concassée et sommairement broyée dans un mortier de verre fortement refroidi. La pâte est immédiatement introduite dans le récipient de l'électrode à H, clos et également refroidi, où on la laisse à basse température en rapport avec une atmosphère d'hydrogène;

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

(²) F. Vlès, G. Achard, D. Prikelmaier, *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 1923, n° 437, p. 1-8.

l'électrode à H est placée, à cet effet, avec l'électrode au calomel qui lui est jointe, dans un bain à température inférieure au point de congélation de la masse d'œufs. Puis on laisse réchauffer lentement le système, tout en prenant de temps en temps des mesures potentiométriques, de façon à suivre la décongélation progressive de la pâte. Le réchauffement de la pâte jusqu'à la température ordinaire s'accompagne d'une production intense de mousse, qui est représentative de la fuite du CO^2. Au moment de la décongélation, et avant la formation de mousse, la courbe potentiométrique montre en général un léger plateau ou un maximum relatif, qui représente une force électromotrice de l'ordre de 550 millivolts et qui correspond au P_H de la pâte en décongélation.

Œufs totaux.

Expér.	Millivolts.	Température.	P_H (à 0°).	P_H moyen (à 0°).	P_H probable (à 18°).
1	572	0°	5,7		
5	549	»	5,3	5,3	5,(1)
7	528	»	4,9		

Les mesures de P_H ainsi effectuées correspondent au voisinage de 0°; celles faites antérieurement par les indicateurs, au voisinage de 18°. Le passage de 0° à 18° doit s'accompagner d'une baisse de P_H, qu'il est impossible de calculer dans un système aussi complexe, mais dont on a mesuré l'ordre de grandeur sur des systèmes grossièrement équivalents (gélatine dans de l'eau de mer acidifiée à P_H 4,5) : la baisse de P_H paraît devoir être inférieure à 0,3. On voit donc que la mesure potentiométrique à partir de la purée d'œufs bruts conduit à des données qui ne sont pas extrêmement éloignées de celles des indicateurs (au plus 0,5 de différence).

Une seconde série d'expériences a été tentée sur des œufs dégangués au KCN [1]; les résultats ont été différents, tout au moins lorsque le bain de KCN a été prolongé (plus de 3 minutes). Le réchauffement de la pâte ne correspond plus ici à un maximum potentiométrique au voisinage du point de congélation; il y a croissance continue de la force électromotrice jusqu'à une limite atteinte pour la température ordinaire (environ 620 millivolts, de l'ordre de P_H 6,3); aucune mousse n'est plus émise; on peut donc supposer qu'à la suite des perturbations apportées par le KCN, le CO^2 qui conditionnait le P_H bas de l'œuf normal ou de la purée totale a été éliminé, soit pendant le dégangage, soit dans l'électrode même où il

(1) F. VLÈS, *Arch. Phys. Biol.*, t. 3, 1924, p. 54.

n'était plus retenu par la mousse. Effectivement si l'on recueille, au cours des mesures potentiométriques sur purée d'œufs dégangués, le CO^2 par des barboteurs à NaOH, on constate un départ appréciable et progressif de ce gaz. La mesure de P_H finale à la température ordinaire est donc celle des constituants protoplasmiques revenus à l'état d'équilibre de CO^2 avec l'atmosphère ambiante, et n'a plus de signification vis-à-vis de l'état de ce protoplasme dans les conditions biologiques de l'œuf entier. Lorsque le bain de KCN a été trop court (2 minutes), on trouve dans la courbe potentiométrique deux maxima, l'un au voisinage de 530 millivolts (P_H 5 à 0°), l'autre vers P_H 6,2 à 18°; on a donc la somme des deux phénomènes.

Le P_H moyen de la substance de l'œuf brut, tel qu'il résulte des mesures potentiométriques, paraît donc être compris entre 5 et 5,5, avant le départ du CO^2; il s'élève jusque vers 6,2 lorsque ce gaz s'est éliminé. Cette variation correspond sensiblement à celle qu'avaient indiquée les indicateurs pour l'œuf isolé dans lequel, après une lésion mécanique, s'installe la cytolyse.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Détermination photographique des spectres de fluorescence de l'hématoporphyrine dans divers solvants.* Note [1] de MM. **Ch. Dhéré**, **A. Schneider** et **Th. Van der Bom**, transmise par M. G. Urbain.

La fluorescence de l'hématoporphyrine a déjà été étudiée par l'un de nous à plusieurs points de vue [2]; nous publions aujourd'hui les déterminations spectrales qui manquaient jusqu'à présent.

La fluorescence était excitée par la lumière filtrée ($\lambda < 470^{\mu\mu}$) d'une lampe à arc de 20 ampères. La fente du spectrographe avait toujours la même largeur : $0^{mm},08$. Sur les photographies reproduites, le spectre n° 2 montre la bande d'absorption la plus voisine de la bande de fluorescence [3]. La concentration en pigment fut uniformément de $\frac{1}{000}$.

D'après leur structure, on peut distinguer trois types principaux de spectres de fluorescence :

---

(1) Séance du 28 juillet 1924.

(2) Dhéré et Sobolewski, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1911 (1), t. 63, p. 511.

(3) Plaques Ilford panchromatiques, de sensibilité moyenne. — Cf. pour les autres conditions : Dhéré, *Détermination photographique des spectres de fluorescence des pigments chlorophylliens* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 64).

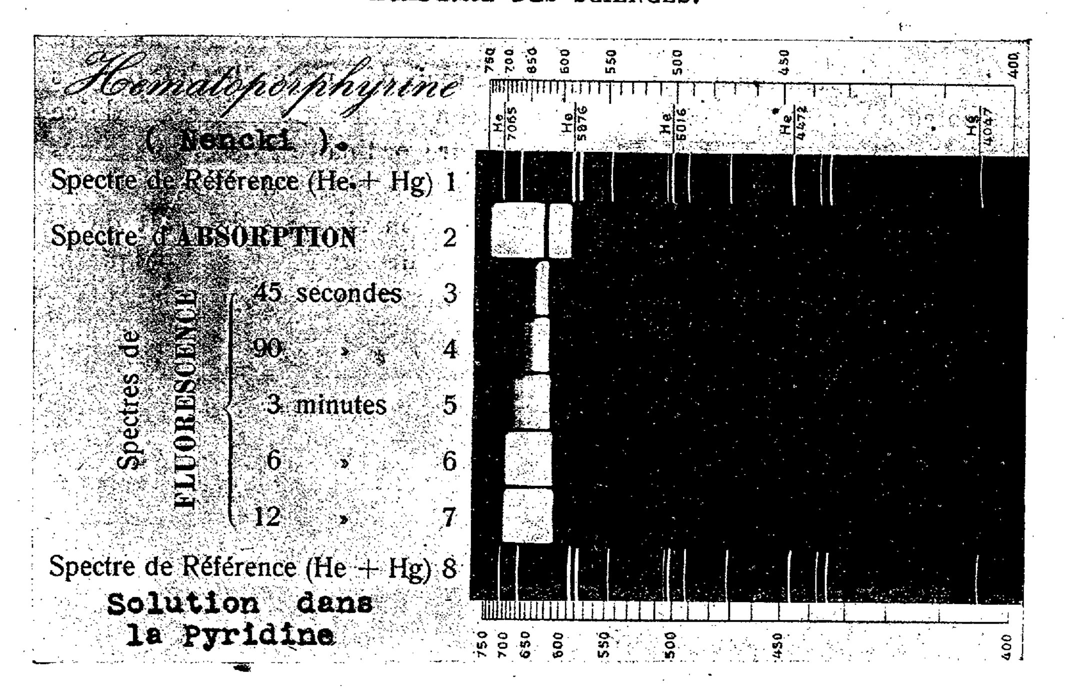


Fig. 1. — Solution dans la pyridine.

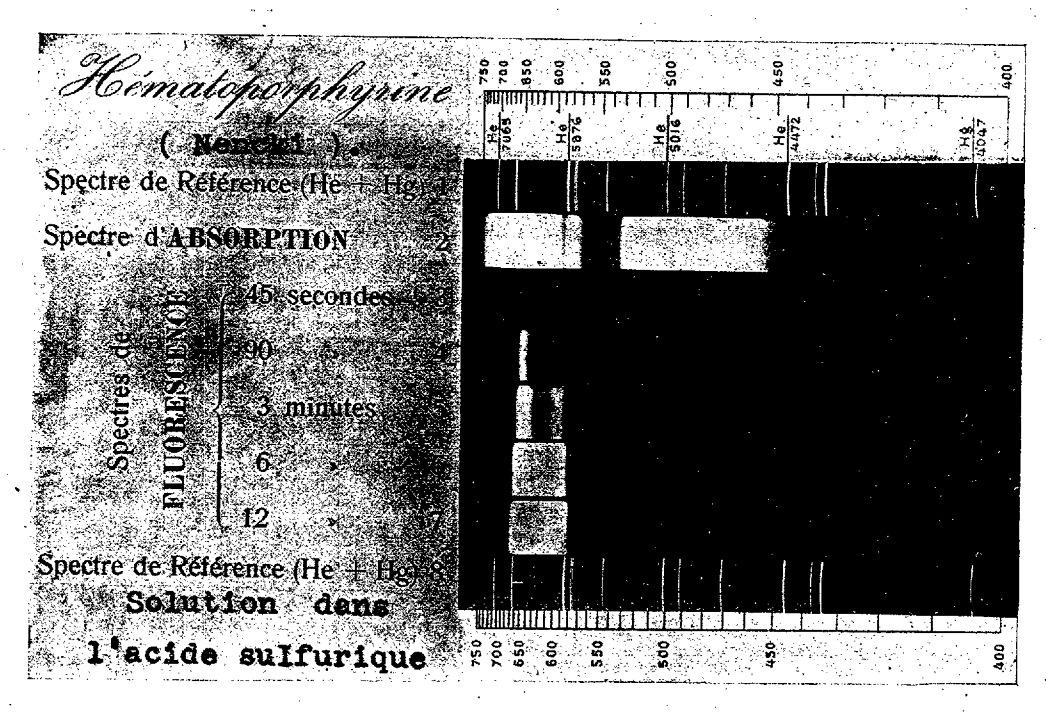


Fig. 2. — Solution dans l'acide sulfurique *n*.

Premier type (voir *fig.* 1). — Il consiste en une forte bande correspondant à peu près comme position à la bande I d'absorption. En prolongeant l'exposition, on fait apparaître, du côté de l'infrarouge, une série de bandes lumineuses étroites, d'intensité moindre, au nombre de 3 (maxima secondaires), qui donnent à cette plage un aspect cannelé. Après une exposition encore plus prolongée, les cannelures disparaissent, et l'on ne voit alors qu'une seule bande, large et très intense, dont l'axe est fortement décalé vers l'infrarouge par rapport à la bande I d'absorption. Appartiennent à ce type : les fluorescences dans les *alcools méthylique*, *éthylique* et *amylique*, dans les *éthers éthylique* et *acétique*, dans *l'acétone* et dans la *pyridine*. On doit aussi rattacher à ce type les fluorescences dans les solutions normales d'*ammoniaque* et de *potasse*. Avec un temps de pose de trois minutes, les radiations émises qu'on peut relever sont les suivantes (en $\mu\mu$) :

		Structure.			
	Limites extrêmes.	Premier maximum.	Deuxième maximum.	Troisième maximum.	Bande forte.
Pyridine........	697-612	694-683	677-666	655-648	642-618
Ammoniaque....	682-602	681-672	666-656	649-640	617-606

Deuxième type (voir *fig.* 2). — Il est constitué par un spectre présentant d'abord deux bandes (I et III), dont la première est la plus intense. Dans l'espace intermédiaire, on voit bientôt apparaître une bande lumineuse séparée des deux bandes extrêmes par deux minima à peu près également sombres : il y a donc alors trois bandes de fluorescence. Remarquons combien, au début, le maximum de la fluorescence est éloigné (du côté de l'infrarouge) de la bande d'absorption I. Appartiennent à ce type : les fluorescences dans les solutions normales des *acides chlorhydrique*, *sulfurique* et *tartrique*.

		Structure.		
	Limites extrêmes.	Bande I.	Bande II.	Bande III.
Acide sulfurique.....	666-588	659-644	625-615	603-590

Troisième type. — Il diffère surtout du précédent en ce qu'il n'est constitué que par deux bandes de fluorescence (mais avec un minimum dans la bande I). Ce type est celui que présente la fluorescence dans l'*acide acétique glacial*. On peut y rattacher la fluorescence dans le *phénol*.

		Structure.		
	Limites extrêmes.	Bande I.	Minimum dans la bande I.	Bande II.
Acide acétique.......	675-597	669-647	660-656	616-601

Disons, en terminant, que nos déterminations ont porté aussi sur l'*hématoporphyrine cristallisée* (d'après la méthode de Willstätter) : les résultats ont été bien concordants.

PHARMACOLOGIE. — *De la variation du pouvoir anesthésique du chlorhydrate de cocaïne en fonction de la teneur en ions hydrogène.* Note de M. J. **Régnier**, présentée par M. E. Roux.

En étudiant l'effet produit sur la cornée du lapin par l'application de solutions anesthésiques, j'ai constaté que le pouvoir anesthésique augmente avec l'alcalinisation de la solution.

Des phénomènes analogues ont déjà été constatés en 1910, par O. Gros [1], ainsi que par quelques autres auteurs, notamment par T. Sollmann [2] en 1917, et par G. Protz [3] en 1920. Ces auteurs ont bien mis en évidence le phénomène de l'augmentation du pouvoir anesthésique par l'alcalinisation, mais leur étude de ce phénomène est loin d'être complète. Ils se sont bornés à ajouter dans les solutions des sels anesthésiques un excès de bicarbonate ou de phosphate de soude, c'est-à-dire une quantité plus grande que la quantité théoriquement nécessaire pour saturer l'acidité du sel. Ils n'ont donc pas étudié les variations du pouvoir anesthésique produites par les variations de l'alcalinité ou de l'acidité de la solution.

Il m'a paru nécessaire d'étudier méthodiquement ce phénomène en utilisant la méthode de mesure de l'anesthésie que j'ai décrite en 1923 [4], et en utilisant des solutions d'alcalinité variable dont je déterminais la concentration des ions hydrogène à l'aide des indicateurs de Clark et Lubs.

Comme solution d'étude j'ai pris une solution à 1 pour 100 de chlorhydrate de cocaïne retirée d'une série d'ampoules du commerce datant de septembre 1922.

Le P_H de cette solution était nettement acide : $P_H = 3,2$. En ajoutant à

---

(1) O. Gros, *Ueber Narkotica und Lokalanästhetika* (*Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, t. 62, 1910, p. 380; t. 63, 1910, p. 80; t. 67, 1912, p. 126, 132).

(2) T. Sollmann, *Comparative activity of local anesthetics* (*Journ. of Pharm. a. exp. Therap.*, t. 10, 1917, p. 379; t. 11, 1918, p. 1, 9, 17, 69).

(3) G. Protz, *Ueber die Wirkung einiger Anästhetikachloride und deren Mischungen mit Natriumbikarbonat auf die Froschhaut* (*Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, t. 86, 1920, p. 238).

(4) J. Régnier, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 558; *Bull. Sc. pharm.*, t. 30, 1923, p. 580-646.

5^{cm^3} de cette solution de la soude $\frac{n}{5}$ par vingtième de centimètre cube j'ai préparé une série de solutions ayant les P_H suivants : 5,9, 7,7, 8,1, 8,4. A partir de P_H : 8,5 l'addition de soude précipitait la cocaïne base.

J'ai étudié, en outre, une solution ayant le P_H : 6,9-7 voisin de la neutralité, ainsi qu'une solution de chlorhydrate de cocaïne à 1 pour 100, extemporanée, non chauffée faite avec une eau distillée de P_H : 6,6 et qui avait un P_H de 4,8-4,9.

En cherchant quel titre il fallait donner à une solution de chlorhydrate de cocaïne de P_H : 3,2 pour avoir un pouvoir anesthésique égal à celui de la la solution à 1 pour 100 au P_H étudié, j'ai pu évaluer le pouvoir anesthésique en fonction de l'alcalinisation progressive. Je donne dans le tableau suivant l'augmentation du pouvoir anesthésique en fonction des P_H :

P_H de la solution....	3,2	4,9	5,9	6,9	7,7	8,1	8,4
Pouvoir anesthésique.	1	1,1	1,3	1,4	3,5	5	7,8

L'examen de ces nombres nous montre que :

1° L'alcalinisation augmente très nettement le pouvoir anesthésique. Une solution de 1 pour 100 ayant un P_H : 8,4 s'est montré 7,8 fois plus active qu'une solution de même concentration, mais ayant un P_H : 3,2. En d'autres termes la solution à 1 pour 100 et au P_H : 8,4 est aussi active qu'une solution à 7,8 pour 100 au P_H : 3,2. La durée de l'anesthésie complète, qui est de 2 à 5 minutes pour la solution au P_H : 3,2, est portée à 25 ou 30 minutes par le fait de l'élévation du P_H à la valeur 8,4.

2° Il n'y a pas simple proportionnalité entre le P_H et le pouvoir anesthésique. L'examen de la courbe représentative du phénomène permet de distinguer nettement deux phases. Pour les solutions acides (P_H au-dessous de 7) l'augmentation du pouvoir anesthésique est très faible, de 1 à 1,4. A partir du point 6,9-7, voisin de la neutralité, la courbe s'infléchit brusquement et le pouvoir anesthésique croît très rapidement pour atteindre la valeur de 7,8.

Au cours de ces essais j'ai pu faire quelques autres constatations.

a. L'absorption par la cornée de la solution anesthésique est beaucoup plus rapide et plus complète pour les solutions à P_H élevés que pour les solutions à P_H faibles.

b. La rapidité de l'anesthésie est plus grande pour les P_H alcalins que pour les P_H acides. Avec les P_H élevés l'anesthésie est complète en deux minutes. Par contre il faut quatre ou cinq minutes pour atteindre le maximum d'anesthésie avec les solutions de P_H faibles.

c. Les expériences « ratées », c'est-à-dire les expériences faites dans des conditions normales et qui pourtant ne produisent pas d'anesthésie, se trouvent uniquement dans les P^H les plus acides : 15 expériences « ratées » sur 96 pour les solutions de P_H : 3,2 et cela même avec des solutions à concentration élevée (5 pour 100).

J'ai constaté d'autre part que les solutions anesthésiques, dans les limites de l'expérience, ne se sont pas montrées irritantes pour les yeux des lapins. A peine les solutions de P_H : 8,4 ont-elles provoqué une très légère rougeur fugace de la conjonctive, sans que d'ailleurs les lapins aient paru souffrir.

Remarquons pour terminer que la réaction de solutions de chlorhydrate de cocaïne employées de façon fort courante peut être nettement acide, P_H : 3,2. Cette réaction acide, qui peut tenir au vieillissement, si elle ne semble pas très nuisible, est cependant loin d'être favorable, notamment à la rapidité et la sécurité de l'anesthésie.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1924.)

Note de M. *Georges Giraud*, Sur deux formules applicables au calcul numérique des intégrales :

Page 2227, ligne 5 en remontant, *au lieu de* $F\left(\alpha+\frac{1+x_k}{2}\right)$, *lire* $F\left(a+\frac{1+x_k}{2}\right)$.

Page 2228, ligne 5, supprimer le signe + devant $F^{(2p+2)}(a+\theta h)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AOUT 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Les fers météoriques du Sénégal et du Sahara.* Note (1) de M. A. LACROIX.

L'étude du fer de Chinguetti m'a conduit à chercher à réunir tout ce qui est connu sur les fers météoriques découverts au Sénégal et dans le Sahara ou dont la chute y a été directement observée.

D'après un renseignement que je dois à M. Henry Hubert, des masses de cette nature auraient été vues en Mauritanie, au sud-ouest de Chinguetti, à l'ouest du puits d'Aguilal Faye (200^{km} au nord-est de Boutilimit). Il n'en a pas été recueilli d'échantillons.

D'autre part, la chute d'un bloc de fer de $37^{kg},5$ a été observée le 15 juin 1900 à N'Goureyma, au nord de Koakourou, près de Djenné dans le Haut Niger (2), un peu en dehors de la région que je considère dans cette Note, mais cette chute est importante en ce qu'elle fixe, sans contestation possible, l'origine extra-terrestre de tous les fers dont il est question ici.

Dès le début de l'occupation française du Sénégal, à la fin du XVII^e siècle, les indigènes ont vendu aux traitants des blocs de fer naturel, très malléable, qu'ils utilisaient pour la fabrication d'objets domestiques ; des échantillons de ces blocs sont parvenus en Europe, dans le courant du siècle suivant. L'un deux, envoyé par la Compagnie des Indes à Rouelle,

---

(1) Séance du 4 août 1924.

(2) STANISLAS MEUNIER, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 441 ; et COHEN, *Mitteil. Naturwiss. Ver. Neu-Vorpommern...*, t. 33, 1901, p. 145.

membre de l'Académie royale des sciences, a été étudié par lui, et a été cité par maints auteurs, notamment par E. Bertrand [1], Valmont de Bomare [2] et Wallerius [3] qui, dans la deuxième édition de son *Systema mineralogicum*, en a fait le type du *fer vierge cubique*. Sage [4], Romé de l'Isle [5] et De la Métherie [6] se sont aussi occupés du fer du Sénégal, en citant comme référence les observations d'Adanson [7].

Tous les échantillons de fer du Sénégal qui se trouvent actuellement dans les collections de météorites paraissent dater de cette époque lointaine; on en a catalogué environ $1^{kg},7$, en plusieurs morceaux, qui sont uniformément désignés comme provenant de Siratik, Bambouk, Sénégal. Il semble bien que cette indication ait pour origine première un récit de voyage de P. Compagnon, agent de la Compagnie du Sénégal, qui explora le Galam et le Bambouk de 1715 à 1717, récit publié en 1748 par Schwabe [8]. Comme il n'existe aucune localité du nom de Siratik, après avoir trouvé sur la carte de Buache qui accompagne le Voyage d'Adanson un point « Agnam, demeure du Siratik, roi des Peuls »; je me suis adressé à la compétence de M. Maurice Delafosse [9] qui m'a confirmé que Siratik ou Siratique (en mandingue *siratigui*, en peul *satigui* ou *saltigué*) est non pas une expression géographique, mais le titre donné aux rois peuls du Fouta Toro dont la dynastie régna de 1550 environ à 1776. Par conséquent, dire qu'un objet

---

(1) E. Bertrand, *Dictionnaire universel des fossiles propres et des fossiles accidentels*, 1763, p. 244.

(2) *Minéralogie*, II, 1774, p. 228.

(3) *Systema mineralogicum*, II, 1778, p. 233.

(4) *Eléments de Minéralogie docimastique*, II, 1777, p. 169. Plus tard, Chladni indique avoir vu un échantillon de ce fer à la Monnaie de Paris, dans la collection de Sage [*Bemerkungen über Gediegen-Eisenmissen* (*Ann. der Physik*, t. 20, 1815, p. 271)].

(5) *Cristallographie*, III, 1783, p. 166.

(6) *Manuel de Minéralogie ou Sciagraphie*, II, 1792, p. 152.

(7) Je n'ai pas trouvé trace de ces observations dans l'ouvrage de ce naturaliste : *Histoire naturelle du Sénégal*. Avec la relation abrégée d'un voyage fait en ce pays pendant les années 1749, 1750, 1751, 1752, 1753. Paris, 1757, in-4° (*Relation*, p. 1-190). La collection de météorites du Muséum renferme un petit fragment indiqué comme ayant été recueilli par lui et qui provient de la collection de Babinet.

(8) *Allgemeine Historie der Reisen zu Wasser und Lande*, Leipzig, II, 1748, p. 510. Un bloc de 30 livres aurait été vu plus tard par le Dr Schott dans le Bambouk. (Cf. Forster und Sprengel, *Beiträge zur Völker und Länder-Kunde*, Leipzig, I, 1781, p. 61-62).

(9) Cf. aussi Maurice Delafosse, *Haut Sénégal-Niger* (*Soudan français*), Paris, 1912, t. 1, p. 227.

vient du royaume *du* Siratik [et non *de* Siratik] équivaut à dire qu'il vient du Fouta sénégalais ([1]), région d'ailleurs distincte du Bambouk, qui se trouve au Sud-Est.

D'autre part, j'ai trouvé dans la collection d'Haüy un échantillon (120^g) de fer nickelé présentant la forme d'un parallélépipède aplati, à angles droits émoussés, dont la forme fait comprendre la dénomination de fer cubique employée par Wallerius. Cet échantillon est indiqué, de la main d'Haüy ([2]), comme ayant été rapporté du Galam ([3]) par Mollien ([4]). En examinant à la loupe sa surface oxydée, noire, on y voit une inscription arabe, assez mal gravée, que M. Delafosse a bien voulu examiner et a interprétée de la façon suivante : « On pourrait transcrire *aççanaga*, ce qui serait, soit le nom mal orthographié des Sanâga ou Zenâga, Maures Berbères de la rive droite du Sénégal, soit plutôt le nom correct du royaume du Sanâga, qui correspondait au Oualo actuel (bas Sénégal) et qui a donné son nom au fleuve Sénégal; ce nom a persisté jusqu'à nos jours chez les Maures sous la forme Isongan. » La première de ces versions me paraît la plus vraisemblable, car dans son livre sur le Sénégal, Goldberry a fourni l'indication suivante ([5]) : « On rencontre dans ces solitudes [du Sahara], et pas loin de la rive droite du Sénégal ([6]), quelques roches très considérables de couleur noire contenant du fer vierge, isolé et dispersé. »

Il semble inutile de chercher à préciser davantage, car il est fort possible que les échantillons dont il s'agit proviennent de points différents, peut-être éloignés les uns des autres, et qu'ils aient été apportés du désert par des nomades sur les deux rives du Sénégal.

Ce qu'il faut retenir de cette discussion, c'est que, comme dans d'autres

---

(1) Compagnon a d'ailleurs précisé, il parle de Doughel (probablement le village actuel de Douguel ou Dounguel dans l'île à Morfil, sur la rive gauche du Sénégal, entre Cascas et Diouldé-Diabé) et de Johel (sans doute Diohel).

(2) Haüy le cite dans la deuxième édition de son *Traité de Minéralogie*, t. III, 1822, p. 533. Cet échantillon, qui avait été vu par Chladni (*Ueber Feuermeteore und über die mit derselben herabgefallenen Massen*, Wien, 1819, p. 335), a échappé depuis lors aux inventaires des météorites.

(3) Le Galam est la partie du Fouta au milieu de laquelle se trouve Bakel.

(4) G. Mollien, l'un des rescapés du naufrage de la *Méduse*, a fait un second voyage au Sénégal en 1818; mais il ne signale pas ce fer dans son *Voyage dans l'intérieur de l'Afrique aux sources du Sénégal et de la Gambie*, Paris, 2 vol. in-8°, 1820.

(5) GOLDBERRY, *Fragments d'un voyage en Afrique fait pendant les années* 1785, 1786 et 1787, Paris (an X), 1802, p. 291.

(6) Cette même indication a été fournie pour les échantillons étudiés par de Bournon (*in* HOWARD, *Philosoph. Transact.*, t. 1, 1802, p. 211) qui avaient été rapportés par le général anglais O'Hara et qui sont actuellement au British Museum.

régions désertiques (Atacama, au Chili; Mexique), des blocs de fer météorique gisent à la surface du sol, aux deux extrémités du désert du Sahara, entre le Maroc et le fleuve Sénégal, et peut-être même au delà de celui-ci.

Il m'a paru utile d'attirer l'attention sur ce fait, afin de provoquer de nouvelles recherches. L'extrême sécheresse du climat désertique est la condition nécessaire à la conservation de ces fers extra-terrestres; la distribution de leurs points de chute n'étant liée à aucune condition géographique, il est bien vraisemblable que d'autres découvertes seront faites dans l'immensité du Sahara et elles présenteraient certainement un grand intérêt minéralogique; chacun des blocs étudiés jusqu'ici, provenant certainement de chutes différentes, présentent, en effet, des particularités elles-mêmes différentes (¹). Il est vrai que la mobilité des dunes de sable du Sahara doit être un obstacle à la découverte des météorites dont la chute peut être très ancienne, mais les exemples qui viennent d'être donnés prouvent que cette difficulté n'est pas insurmontable, au moins quand les blocs sont de grandes dimensions.

Il est bien entendu que des recherches devraient être faites, non seulement dans le Sahara mauritanien, mais dans toute l'étendue du Sahara. D'ailleurs trois cas certains de fer météorique sont déjà connus dans le Sahara algérien (²); les deux premiers dans le Mzab, à Haniet-el-Beguel (E.S.E. de Ghardaïa) (³) et dans l'Erg, à Hassi Iekna, dans l'Oued Meguiden (⁴), entre El Goléa et Timmimoun, et le troisième (⁵), dans le Touat, à Tamentit.

(¹) Le fer de N'Goureyma possède la structure octaédrique, avec particularités spéciales; celui du Sénégal est à structure grenue et appartient au groupe des *ataxites*. L'un des échantillons de la collection de British Museum a été rangé par Fletcher parmi les lithosidérites (*An Introduction to the Study of Meteorites*, London, 1908, p. 93), mais M. G.-T. Prior a annoncé récemment que sa partie pierreuse est constituée, non par de l'olivine, mais par une enclave de sable fondu [*Catalogue of Meteorites* (*British Museum*), 1923, p. 166], ce qui implique qu'il a été fondu artificiellement; cette dernière conclusion s'applique au petit fragment que possède la collection des météorites du Muséum dont il est question plus haut [p. 358, note (⁷)].

(²) La collection du Muséum possède ces deux échantillons.

(³) Trouvé à 5ᵐ de la surface en fonçant un puits dans le sable. Cf. DAUBRÉE, *Comptes rendus*, t. 108, 1889, p. 930.

(⁴) Chute observée un peu antérieurement à 1890. Cf. STANISLAS MEUNIER, *Ibid.*, t. 115, 1892, p. 53.

(⁵) Ce fer a été vu, mais non étudié, par G. Rohlfs dans la kasbah de Tamentit (*Petersm. Mitteil.*, 1865, II, p. 409); M. E. Gautier m'a dit l'avoir vu lui-même; il pense, d'après les traditions locales, que sa chute date du XIIIᵉ siècle : ce fer est l'objet de la vénération des indigènes.

PLIS CACHETÉS.

M. **Victor Boulez** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 20 mai 1895 et inscrit sous le n° 5123.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée : *De l'emploi de l'hyposulfite de soude, sulfure de sodium et corps se comportant de la même façon pour empêcher le rancissement du savon.*

CORRESPONDANCE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'énergie mise en jeu dans la phosphorescence.* Note [1] de M. **A. A. Guntz.**

Les sulfures de zinc phosphorescents très lumineux et les sulfures de zinc et de cadmium que nous avons préparés [2] peuvent fournir les éléments d'une réponse à la question suivante :

Quelle est l'énergie totale dégagée sous forme lumineuse par un corps phosphorescent depuis le moment où il est insolé jusqu'à la cessation de l'émission?

Les expériences et calculs que j'ai été amené à faire pour obtenir le résultat cherché et dont les détails paraîtront dans un autre recueil peuvent se résumer comme suit :

1° Mesures photométriques de l'intensité de la phosphorescence en fonction du temps.

2° Intégration de la courbe de décroissance pour obtenir l'intensité totale I_A.

3° Transformation de l'intensité apparente I_A en intensité vraie I_V en tenant compte de la sensibilité de l'œil S_λ très différente pour les diverses

(1) Séance du 21 juillet 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1356, et t. 177, 1923, p. 478.

radiations dont les intensités sont mesurées dans les diverses régions du spectre. Soit I_λ l'intensité pour la longueur d'onde λ.

$$\frac{\int_0^\infty i_\lambda S_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty i_\lambda S_\lambda}$$

représente l'efficacité lumineuse E de la lumière de phosphorescence, la relation $I_A = I_V E$ permet d'obtenir I_V intensité vraie.

4° Calcul de l'intensité vraie en unités d'énergie ergs ou calories à partir de la valeur en bougies-secondes.

5° Détermination de l'épaisseur théorique de la couche qui, s'il n'y avait absorption, émettrait la même énergie lumineuse par centimètre carré que la pellicule expérimentée.

6° Réduction de l'énergie obtenue au gramme de matière phosphorescente.

7° Évaluation de la quantité minima de métal phosphorogène et calcul de l'énergie rapportée à l'atome-gramme et à l'atome du phosphorogène, en utilisant le nombre d'Avogadro. (Le cuivre est le phosphorogène à la concentration 10^{-5}.)

Le tableau suivant groupe les résultats successifs que j'ai obtenus :

Sulfure de zinc et de cadmium.

	CdS 0 %.	CdS 12 %.	CdS 20 %.	CdS 30 %.
Intensité totale I_A (en microbougies sec. par cm²)	24774	19770	10268	4504
Efficacité lumineuse	0,755	0,773	0,710	0,605
Intensité vraie I_V	32813	25576	14462	7446
Intensité (en ergs)	6678	5203	2940	1528
Intensité (en microcalories par cm²)	159,6	124,3	70,3	36,5
Intensité pour 1g (en calories-grammes)	0,0035	0,0027	0,0015	0,0008
Intensité pour 1 atome-gramme du phosphorogène (en grandes calories)	22,5	17,6	9,9	5,1
Intensité (en quantum d'énergie pour 1 atome du phosphorogène)	0,42	0,34	0,20	0,11

La succession des calculs tous plus ou moins approchés entraîne dans le résultat final une incertitude telle que l'on ne peut y voir qu'un ordre de grandeur.

Il est cependant intéressant d'observer que l'énergie mise en jeu est com-

parable à celle d'une réaction chimique si l'on ne considère que le phosphorogène comme métal actif et qu'elle est au contraire extrêmement faible si l'on fait intervenir la totalité des molécules du diluant.

Lenard et Hausser (¹) ont fait sur le sulfure de calcium phosphorescent, en employant une pile photo-électrique pour mesurer l'énergie émise, une suite de calculs assez analogues comportant également des approximations. Ces auteurs donnent finalement le chiffre de quatre quanta par atome de bismuth, métal phosphorogène dans le cas étudié.

L'écart entre cette valeur et celles que j'ai obtenues peut être expliqué d'abord en remarquant la quadrivalence du bismuth vis-à-vis de la bivalence du cuivre, ensuite par les différences propres aux sulfures expérimentés.

A la température ordinaire où ont été faites mes expériences ainsi que celles de Lenard et Hausser, le sulfure de zinc ne prend pas toute l'énergie qu'il est capable d'emmagasiner; à la température de l'air liquide il est capable d'une absorption plus grande, ainsi que l'expérience suivante le montre.

Si l'on insole à la température ordinaire du sulfure de zinc et qu'on le plonge aussitôt dans l'air liquide, la phosphorescence disparaît; si l'on effectue alors une deuxième insolation à cette basse température, une quantité nouvelle d'énergie est chargée et se dégage cette fois à la température même de l'air liquide; la première énergie, au contraire, continue à rester latente et réapparaît seulement par réchauffage. L'intensité de la phosphorescence et sa durée à la température de l'air liquide sont comparables à celles obtenues à la température ordinaire, et même supérieures pour les sulfures de zinc et de cadmium; l'énergie totale possible est donc plus forte que celle que l'on déduit des mesures faites à la température ordinaire.

Avec le sulfure de calcium, au contraire, on constate qu'il n'y a point acquisition nouvelle d'énergie aux basses températures; la température ordinaire est donc pour lui une température basse, comme le confirme aussi les courbes de fluorescence tracées en fonction de la température de M. Curie (²).

En résumé, on peut admettre que l'énergie mise en jeu dans la phosphorescence du sulfure de zinc semble avoir pour support le phosphorogène,

---

(¹) *Heidelberg Akad.* A. 12, 1912, p. 33.

(²) M. Curie, *Thèse de Doctorat*, 1923

seul ou associé avec quelques molécules du diluant et que sa valeur peut être évaluée aux environs d'un à deux quanta au maximum par atome de phosphorogène.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant le premier semestre 1924. (*Suite et fin.*)

Scientific (A) Survey of Turners Lake Isle-au-Haut (Maine). Albany.
Smithsonian Miscellaneous Collections. Washington.
Société des ingénieurs civils de France; procès-verbal. Paris.
Société des Nations; journal officiel. Genève.
Société roumaine des sciences. Bucuresti (Bucarest).
Souvenir français (le). Paris.
Statistique mensuelle du commerce extérieur de la France Paris.
Studies from the Biological Stations. Toronto. Vancouver.

Technique moderne. Paris.
Tijdschrift voor indische Taal-, Land- en Volkenkunde. Batavia.
Tôhoku journal of experimental medicine. Sendaï.
Tôhoku Mathematical Journal (the). Sendaï.
Trabajos del laboratorio des investigaciones fisicas. Madrid.
Transactions of the American Mathematical Society. New-York.
Tribune juive (la). Paris.
Tribune médicale (la). Paris.

United States Geological Survey; mineral resources of the United states. Washington.

Vers la santé. Paris.

Weekly Weather Report of the Meteorological Office. London.

Year-book of the Royal Society of London. London.

Zahranicni Obchod Republiky Ceskoslovenské. Praha.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOUT 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le lundi 22 décembre.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la Notice nécrologique suivante ([1]), rédigée par **M. L. Mangin** :

L'Académie vient de faire une perte cruelle. **J. B. de Toni**, élu il y a peu de semaines Correspondant dans la Section de Botanique, est mort à Modène après une douloureuse maladie le 31 juillet 1924.

Né le 2 janvier 1864 à Venise, il prit sa licence en sciences naturelles et chimiques en 1883, et fut d'abord assistant de la chaire de Botanique à l'Université de Padoue (1886-1892), puis à celle de Parme (1893-1894) et au Musée civique de Padoue (1895-1899). Nommé professeur extraordinaire il débuta à l'Université de Camerino et, après un court séjour à celle de Sassari, il fut nommé à Modène et devint en même temps directeur du Jardin Botanique.

Collaborateur à l'œuvre gigantesque du *Sylloge Fungorum* de Saccardo, il décrivit un certain nombre de groupes de Champignons : Ustilaginées, Urédinées, Phycomycètes, Gastéromycètes, etc.

Ces contributions lui suggérèrent l'idée de faire pour les Algues, où il commençait à se spécialiser, ce que le regretté Saccardo avait entrepris avec un si grand succès pour les Champignons.

([1]) Séance du 11 août 1924.

De Toni se mit résolument à l'œuvre et, à partir de 1888, parurent successivement les premiers volumes du *Sylloge Algarum omnium hucusque cognitarum;* le sixième volume relatif aux Floridées paraissait récemment.

Malgré des lacunes inévitables dans un travail de cette étendue, les divers volumes du *Sylloge Algarum* furent très appréciés et méritèrent à leur auteur un concert de louanges. Ils constituent un instrument de travail très précieux pour ceux qui étudient les Algues et ils ont leur place marquée dans tous les laboratoires.

Aussi en 1898, votre section de Botanique vous proposa-t-elle d'attribuer le prix Desmazières à M. de Toni pour l'encourager à poursuivre une publication d'un si grand intérêt.

La mise au point du *Sylloge* permit à de Toni de recevoir un grand nombre de matériaux qu'il put étudier et, à la suite de ses recherches, surtout consacrées à la classification et à la géographie botanique, il publia de nombreuses notes ou mémoires sur la Flore italienne : Flore algologique de la Vénétie, de la Libye, de la Tripolitaine et de la Cyrénaïque, ainsi que des contributions à la Flore japonaise, aux Algues de l'Australie, de la Tasmanie et de la Nouvelle-Zélande, etc.; certains de ces mémoires lui ont valu de nouveau le prix Desmazières en 1915.

On lui doit aussi des travaux d'Anatomie, de Physiologie végétale et de Tératologie, ainsi que des contributions à l'histoire de la Botanique et des Sciences pour lesquelles il a obtenu en 1909 le prix Binoux.

En 1886, avec David Lévi, il fondait le journal *Notarisia*, spécialement destiné aux travaux algologiques, et 4 ans plus tard il assumait seul la direction des *Nuova Notarisia.* Il a ainsi fait preuve d'une science profonde, servie par une activité et une persévérance rares qui lui ont mérité les suffrages des Corps savants et des Sociétés scientifiques.

Malgré un deuil cruel, la perte de son fils, savant d'avenir, mort au champ d'honneur, il avait conservé la vivacité d'esprit et le charme qui lui conciliaient toutes les sympathies.

De Toni disparaît trop tôt; il a eu toutefois la satisfaction d'avoir presque achevé son œuvre. Son souvenir restera comme celui d'un des meilleurs serviteurs de la Science.

NAVIGATION. — *Remarques sur les interprétations à donner, désormais, aux trois signaux spéciaux définis dans ma Note, sur les manœuvres de sécurité des navires à vapeur, se croisant, deux à deux, dans la brume, publiée dans les* Comptes rendus *de la séance du 4 août.* Note (¹) de M. **F.-E. Fournier.**

Le premier de ces signaux, celui (——), d'une durée de 10 secondes environ, doit être adressé par le navire A à tout autre navire à vapeur B, lui révélant son approche dans la brume, par son *signal de reconnaissance* (—), d'une durée de 4 secondes environ : simplement, pour lui indiquer que le navire A se réserve de continuer à suivre, sans modifications, sa route primitive vers sa destination, en laissant donc, à ce nouveau venu, le soin de diriger ses propres routes, en conséquence.

C'est pour donner à ce navire B les indications nécessaires et suffisantes, à cet effet, que A doit lui faire connaître, par l'un ou l'autre des deux autres signaux, (-----), ou (-- — --), prévus dans ma Note du 4 août, que l'inclinaison α de la route invariable de A, sur la direction initiale dans laquelle ce navire a entendu le signal de reconnaissance de B, satisfait à l'une ou à l'autre des deux conditions distinctes

$$\alpha \geqq 45° \quad \text{ou} \quad \alpha = 0.$$

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur l'étude microscopique du sol.* Note (¹) de M. **S. Winogradsky.**

Une méthode d'analyse microscopique de la terre, assez sensible pour y distinguer nettement les microbes, manquait encore jusqu'à ce jour, et c'est à ce fait qu'il faut attribuer l'état très imparfait de nos connaissances sur la Microbiologie du sol. Car il est évident que les méthodes courantes basées exclusivement sur la culture des germes isolés du sol sur des milieux conventionnels, ne peuvent nous fournir que peu de renseignements précis sur la qualité des microbes qui peuplent une terre donnée, ni sur leur quantité, ni sur leurs fonctions au sein du milieu naturel, ni d'autant plus sur leurs rapports mutuels; et qu'il n'est pas possible de suivre les

(¹) Séance du 11 août 1924.

phénomènes microbiens dans le sol sans posséder une méthode qui permettrait de déceler avec sûreté leurs agents. C'est ce qui met tout effort dans cette direction au premier rang du programme des recherches.

M. H. J. Conn, bactériologiste américain, a eu le mérite d'avoir proposé en 1918 une méthode pour l'examen direct des microbes dans le sol ([1]), mais elle n'a pas attiré l'attention qu'elle méritait. Elle consistait à délayer la terre dans une solution très étendue de gélatine, à sécher cette boue sur lame, à colorer avec un colorant acide, le rose bengal dissous dans l'eau phéniquée à 5 pour 100, et à examiner les préparations à sec. La méthode lui a permis de constater que la numération directe, au moyen du microscope donnait des chiffres bien supérieurs à ceux de la méthode des plaques. Ce résultat était bien à prévoir. Quant à la qualité des microbes peuplant le sol, M. Conn est arrivé à la conclusion que les formes actives dans le milieu appartiennent aux espèces ne formant pas de spores (*non spore formers*); les bacilles sporogènes, par contre, n'y apparaissent que d'une manière intermittente à la suite d'un apport de matières fermentescibles ([2]).

Ces résultats sont d'accord avec nos propres observations dans les grandes lignes. Nous remarquerons pourtant que le caractère négatif de ne pas former des spores ne nous donne qu'une idée vague des organismes dont il s'agit : leur morphologie, leurs fonctions générales, leur distribution dans le milieu demeurent inconnues. Du reste, pour aborder l'étude de ces questions, ainsi que celle de bien d'autres que nous pose la *méthode directe* comme nous l'avons conçu, un procédé de préparation plus perfectionné nous paraissait nécessaire.

Les difficultés techniques qui s'opposent à la visibilité des microbes dans la terre — nous entendons la terre fine — sont dues : 1° aux débris minéraux très réfringents qui encombrent le champ du microscope en donnant en même temps à la préparation une épaisseur trop grande pour un système à l'huile; 2° aux masses des matières colloïdales, tant incolores que colorées à diverses nuances de brun, lesquelles prennent très avidement les colorants, surtout basiques, et les retiennent obstinément à la décoloration; 3° à la nécessité de coller les particules terreuses à la lame ou la lamelle au moyen d'un fixatif indifférent au colorant employé.

([1]) *The microscopic study of bacteria and fungi in soil* (*New-York Agricult. Exper. Station*, Technical Bulletin n° 64, January 1918).

([2]) *Factors influencing the activity of spore-forming bacteria in soil* (*Ibid.*, Techn. Bull. n° 97, October 1923).

D'un autre côté, si l'on veut se faire une idée plus claire du rôle des microbes dans le milieu naturel, il n'est pas sans intérêt de chercher quelques indications sur leur distribution entre les particules de terre, soit : se tiennent-ils de préférence sur les débris minéraux, ou bien sur les particules colloïdales, minérales et organique, ou pullulent-ils simplement dans la dissolution du sol, comme dans un bouillon de culture?

De ce point de vue, ainsi que de celui de la technique, il est également désirable de séparer les éléments du sol selon le principe bien connu de l'analyse physique, qu'on adapterait à ce cas spécial, et de les examiner autant que possible à part. En outre, il y a avantage évident à débarrasser les particules fines, qui sont les plus intéressantes, comme nous le verrons, de débris relativement grossiers, pour les rendre plus accessibles à un examen complet.

Après de nombreux essais, nous avons adopté la manipulation suivante :

1g de terre fine, prélevé sur un échantillon bien homogène, est jeté dans 4cm³ d'eau distillée et agité, toujours de la même manière, pendant 5 minutes. On laisse déposer 30 secondes et l'on décante la suspension couvrant le dépôt formé dans un petit tube de centrifugeur à main. On ajoute encore deux fois 3cm³ d'eau et, après avoir agité chaque fois 1 minute et laissé déposer 30 secondes, on décante dans le même tube. On prend donc en tout 10 parties d'eau pour 1 de terre. Après ces trois lavages, le premier dépôt, resuspendu dans l'eau distillée, se sédimente rapidement et laisse l'eau claire. Pendant la manipulation qui dure environ 10 minutes, un dépôt se forme dans le tube du centrifugeur. Sans y toucher, on prélève la moitié du liquide surnageant qu'on laisse couler dans un second tube de centrifugeur. On soumet alors les deux à la centrifugation jusqu'à ce que la suspension couvrant les dépôts ne se laisse plus éclaircir. Ordinairement 100 à 200 tours de manivelle suffisent. On a ainsi trois dépôts et deux suspensions différentes, l'une n'ayant pas subi l'action centrifuge, l'autre l'ayant. On en fait, au moment opportun, cinq préparations en prélevant dans les dépôts et liquides sensiblement les mêmes quantités et en les étendant sur la même surface des lamelles. La boue desséchée, il est nécessaire de lier les particules plus grossières du premier et du second dépôt pour les empêcher de se détacher. C'est la gélose 1 pour 100, employée chaude, qui nous rend les meilleurs services. Pour le troisième dépôt, parfois déjà pour le second, il suffit d'une solution à 0,1 pour 100 à froid. Pour les préparations des suspensions qui ne présentent qu'un fond de colloïde incrusté de débris minuscules, aucun fixatif n'est nécessaire. Après nouvelle dessiccation, on soumet les lamelles à l'action de l'alcool absolu pendant 1-2 minutes; on l'évapore et l'on colore.

Dans le choix de la matière colorante, nous avons suivi l'heureuse idée de M. Conn d'avoir recours à un colorant acide, dissous dans l'eau phéniquée à 5 pour 100. Mais c'est l'*érythrosine* que nous préférons à toutes les

autres. Nous croyons ce colorant destiné à rendre les meilleurs services dans l'étude microbiologique du sol. Il différencie des corps microbiens d'une manière parfaite en laissant incolore les capsules gélatineuses qui englobent les colonies du sol, ce qui permet de distinguer très bien la structure de ces dernières. Les colloïdes du sol et le fixatif employé le cède à un simple lavage à l'eau et si l'on trouve, dans le terreau notamment, des flocons ou grumeaux microscopiques qui ne se décolorent pas complètement, leur teinte n'est jamais rouge écarlate comme les cellules microbiennes, mais d'un rose brique ou saumon assez pâle. La manipulation est donc de la dernière simplicité : on laisse agir le colorant 5 à 15 minutes à froid, on lave à l'eau, on examine dans l'eau.

L'étude de ces cinq préparations pour chaque échantillon de terre, — qu'on complète au besoin par des lamelles additionnelles préparées de la suspension soumise à une action centrifuge plus modérée — si elle ne nous permet pas de voir les microbes *in situ*, nous donne tout de même une idée assez précise sur leur qualité et quantité, ainsi que leur distribution dans le sol.

Appliquée à l'étude d'un assez grand nombre d'échantillons de provenance diverse, la méthode nous a conduit à quelques résultats généraux que nous résumerons brièvement.

Un sol arable normal, c'est-à-dire n'ayant pas reçu plus ou moins récemment de matières fermentescibles ne contient à l'état végétatif que des microbes cocciformes groupés en colonies (ou zooglées) plus ou moins importantes, de structure diverse, mais toujours englobées dans un gel hyalin sécrété par la colonie, laquelle est protégée parfois par une membrane différenciée [1]. Ce sont, d'après notre terminologie, les *microbes autochtones* du sol. Nous avons déjà eu l'occasion de signaler ces caractères que des études suivies nous permettent de confirmer.

Ces colonies sont toujours logées sur des flocons de matière colloïdale généralement teintée de brun ou de jaune, parfois incolore, dont elles ne se laissent pas détacher.

On n'en trouve pas sur les débris minéraux, à moins qu'ils ne soient enduits de matière colloïdale.

Le dépôt premier est donc toujours le plus pauvre en microbes, surtout

---

[1] Nous rappelons la morphologie de la *Nitrosomonade* décrite par nous avec détail il y a déjà trente ans dans les *Archives des Sciences biologiques de Pétersbourg*, t. 1.

quand il s'agit d'une terre dont les grains — composés, comme on le sait, de débris minéraux cimentés avec de la matière colloïdale — se laissent désagréger par l'action de l'eau en laissant le sable pur. Il sera plus riche dans le cas contraire.

Mais la majorité des colonies se trouve toujours dans les préparations 2ᵉ, 3ᵉ ou 4ᵉ, dans l'une ou dans l'autre, selon l'échantillon examiné. La dernière nommée faite de la suspension non centrifugée laisse voir ces mêmes colonies fixées sur les plus menus flocons du gel. Quant à la suspension centrifugée à 200 tours de manivelle, elle ne contient plus ou presque plus de microbes.

Tout autre est le tableau que donne une terre additionnée de matière fermentescible soluble. Des formes *libres* viennent alors s'ajouter aux colonies autochtones jusqu'à prédominance. On les trouve disséminés ou en amas irréguliers dans toutes les préparations, y compris celle de la suspension centrifugée, et indépendamment des particules du sol; ce qui démontre qu'ils pullulent dans la dissolution du sol sans être attirés par ses particules colloïdales. Ce sont le plus souvent des formes bacillaires qu'on ne trouve pas dans un sol normal.

Pour terminer, nous croyons devoir signaler que la méthode que nous proposons peut servir non seulement à l'étude de la microflore des échantillons de terre, mais aussi à celle de leur constitution intime, en qualité de procédé rapide de *microanalyse physique*. Nous nous sommes assuré, en effet, que les caractères qu'on note tels que : forme et grandeur des débris minéraux et organiques, quantité de matière colloïdale, son aspect microscopique, sa coloration naturelle et sa colorabilité métachromatique, etc., forment un ensemble assez marqué et constant, qui permet de différencier les terres étudiées.

La méthode nous paraît avoir aussi quelque importance au point de vue sanitaire : une terre souillée étant facile à reconnaître par la présence de formes bacillaires dans la dissolution du sol. La suspension centrifugée en est très riche. Tandis qu'avec une terre normale l'action centrifuge enlève à la même suspension tous ses germes, de sorte qu'elle apparaît au microscope vide de microbes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le bruit de l'éclair.* Note (¹) de M. E. MATHIAS.

1. Si la théorie exposée dans une Note précédente (²) est exacte, elle doit expliquer simplement les phénomènes sonores de l'éclair comme elle en a expliqué les phénomènes lumineux.

Soit, pour plus de simplicité, un éclair fulgurant linéaire; à l'apparence lumineuse succède, quand on n'en est pas trop éloigné, le bruit d'un fort craquement qui est *le bruit propre de l'éclair.* Nous nous proposons de l'expliquer, en laissant de côté l'explication bien connue des roulements du tonnerre, qui n'est pas en cause. Dans le cas considéré, il y a deux phénomènes consécutifs à la décharge :

1° Une condensation, proportionnée à l'intensité de la décharge, due à ce que les *ozones supérieurs :* O^4 et Az^4, O^6 et Az^6, etc. (³), endothermiques formés grâce à la température très élevée de l'air traversé par la décharge électrique, ont par rapport à l'air générateur, supposé de volume 1, des volumes $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, etc. (en les supposant à la même température que lui).

2° La décomposition spontanée ultérieure de ces ozones supérieurs en air ordinaire partiellement ozonisé, dès que la température du *reste d'éclair* (⁴) s'abaisse au-dessous des températures auxquelles peuvent exister, sous la pression atmosphérique, ces corps fortement endothermiques.

La condensation produit un vide, qui est immédiatement comblé par l'air atmosphérique; l'*onde centripète* qui en résulte donne un son ou un *infra-son* (suivant la terminologie de M. Esclangon) suivant le nombre des vibrations doubles produites par seconde. Mais ce son, si son il y a, doit avoir peu d'intensité à cause de la vitesse modérée des molécules d'air solli-

(¹) Séance du 4 août 1924.

(²) Voir E. MATHIAS, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 136.

(³) Il est visible qu'on suppose ici pour simplifier que la molécule d'air $\frac{1}{5}O^2 + \frac{4}{5}Az^2$ se condense suivant les formules $\frac{1}{5}O^4 + \frac{4}{5}Az^4$, $\frac{1}{5}O^6 + \frac{4}{5}Az^6$, etc.

Si l'on supposait des ozones supérieurs de formules impaires : $\frac{1}{5}O^3 + \frac{4}{5}Az^3$, $\frac{1}{5}O^5 + \frac{4}{5}Az^5$, etc., on obtiendrait des volumes $\frac{2}{3}$, $\frac{2}{5}$, etc. par rapport à l'air générateur de volume 1 considéré à la même température.

(⁴) L'*éclair* est l'air incandescent traversé par la décharge électrique naturelle; le *reste d'éclair* est l'air incandescent après que la décharge est passée.

citées par une différence de pression inférieure à la pression atmosphérique. Donc, l'*onde centripète* n'intervient pas d'une façon appréciable dans le bruit de l'éclair.

Celui-ci, selon nous, est produit exclusivement par la décomposition spontanée et nécessaire des ozones supérieurs résultant de la décharge, décomposition qui libère l'énergie énorme absorbée par leur formation et donne une *onde centrifuge* génératrice du bruit intense et sec qu'on entend à petite distance après qu'on a vu l'éclair, aucune cause perturbatrice ne se dressant entre l'éclair et l'observateur.

2. Plus le degré d'incandescence de l'air sera élevé, et plus longtemps dureront les ozones supérieurs formés, toutes choses égales d'ailleurs. Donc, *l'onde centrifuge, génératrice du bruit, commence un temps τ après la décharge électrique*, τ étant d'autant plus grand que la décharge est plus violente.

Il en résulte qu'on commet une erreur quand on calcule la distance d de l'éclair à l'observateur en divisant le temps t, qui s'écoule entre la vue de l'éclair et l'arrivée du son direct, par la vitesse V du son correspondant à la température moyenne de l'air compris entre l'éclair et l'observateur.

A la formule $d = \frac{t}{V}$, il faut substituer $d = \frac{(t-\tau)}{V}$ qui montre que l'éclair est plus près de l'observateur de la quantité $\frac{\tau}{V}$, laquelle est d'autant plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que la décharge est plus violente.

Le calcul habituel de la distance de l'éclair à l'observateur est donc absolument trompeur lorsque l'éclair est tout à fait proche de l'observateur.

Si la théorie qui précède est exacte, une décharge de foudre violente, qui tombe à quelques mètres de l'observateur, ne doit être entendue par celui-ci qu'une seconde, par exemple, après la décharge. Si cela n'a pas été vérifié plus tôt, c'est que l'effet de terreur, produit sur les plus braves par une décharge à quelques mètres se produisant sans choc en retour, paralyse toute les facultés et qu'on éprouve plutôt le soulagement d'avoir échappé à la mort que le désir d'apprécier le temps τ qui s'est écoulé entre le phénomène lumineux et le phénomène sonore.

Il résulte en particulier de ce qui précède que les foudroyés ne doivent rien entendre au moment où la foudre les frappe. *On sait, par les foudroyés qu'on a pu rappeler à la vie, que c'est bien ainsi que les choses se passent.*

3. Arago a attiré l'attention des physiciens sur le phénomène suivant,

dont l'explication n'a jamais été donnée. C'est qu'il y a des éclairs resplendissants, qui illuminent tout le ciel, sans qu'il y ait production d'aucun son. L'explication en est extrêmement simple.

Dans l'éclair fulgurant, la lumière de l'éclair provient de ce que l'air, porté à une température très supérieure à 500° C., *émet* de nombreuses longueurs d'onde lumineuses.

Dans les régions élevées de l'atmosphère, là où la pression est faible et l'air fortement ionisé, les décharges électriques naturelles ne sont plus des décharges disruptives, mais des *effluves*, des phénomènes de *luminescence*, c'est-à-dire de la lumière presque froide. Or ici les ozones supérieurs ne peuvent plus se former; et comme c'est leur destruction qui produit le bruit de la décharge, ici il n'y a plus rien de tel. Comme il n'y a plus d'ozones supérieurs, il n'y a plus de condensation. L'onde centrifuge disparaît, tout comme l'onde centripète.

Ajoutons qu'au cas où la luminescence produite rendrait un léger son, comme son siège serait dans un air raréfié et lointain, où la propagation est nulle ou très faible, le son en question ne nous parviendrait pas.

4. Arago a signalé le cas de coups de tonnerre *sans qu'aucun éclair ait été vu*. La théorie précédente montre que cela n'est possible que si l'éclair fulgurant, *qui est seul à produire du tonnerre* (abstraction faite de ses roulements), n'est pas visible, c'est-à-dire s'il se produit derrière un nuage étendu et opaque.

Les cas de tonnerre sans éclair visible ne doivent donc se produire que par ciel couvert.

Par ciel découvert étudié par de nombreux observateurs, l'*effet*-tonnerre ne peut pas se produire sans que la *cause*, qui est l'éclair fulgurant, soit visible.

5. En vertu de l'identité de la foudre et des décharges électriques de nos laboratoires, l'explication du *bruit* de l'éclair fulgurant s'applique sans aucune modification à l'explication du claquement des étincelles données par les machines électrostatiques et les bobines d'induction.

La théorie précédente est justiciable ici de l'expérience. Avec une puissante machine électrostatique, le retard du phénomène sonore sur le phénomène lumineux, pour des étincelles très bruyantes, doit apparaître sans faire de mesures.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à la connaissance des infections inapparentes* (Exemples tirés de l'étude expérimentale du typhus exanthématique). Note [1] de M. CHARLES NICOLLE.

Le typhus exanthématique se caractérise chez l'homme adulte par des symptômes graves. Chez l'enfant, ces symptômes sont atténués; ils existent à peine chez le singe; ils manquent chez le cobaye. Mais, dans les trois espèces, le thermomètre révèle une fièvre d'un type particulier. Telles sont les constatations classiques. Il en résulte que, grâce à l'emploi du thermomètre, on peut reconnaître la maladie et la conserver sur le cobaye.

Dès 1911, après avoir signalé ces faits, j'ai remarqué que certains cobayes, inoculés de la même façon que d'autres, ne montraient pas la moindre élévation thermique et que, cependant, leur sang était virulent pendant la période où les cobayes parallèles présentaient leur fièvre. Ce qui est exceptionnel, chez le cobaye, est constant chez le rat. A ce type d'infection aiguës, septicémiques, impossibles à reconnaître autrement que par l'inoculation, nous avons donné, Ch. Lebailly et moi, en 1919, le nom d'*infections inapparentes*.

Technique. — Prenons l'exemple du rat. Le typhus inapparent de cet animal sera constaté par deux observations : 1° l'absence de réaction thermique. J'ai fait construire, pour prendre la température des rats et des souris, des thermomètres spéciaux de la maison Poulenc; 2° l'état infectieux du sujet. Un cobaye sera inoculé en même temps que le rat et, par sa courbe fébrile, dessinera la courbe virtuelle du rat. On prélèvera le virus sur le rat au deuxième ou troisième jour de la fièvre du cobaye. Un autre cobaye, inoculé de ce virus, témoignera, par sa fièvre, de l'infection du rat. On conçoit la complexité, mais l'extrême clarté de ces expériences, mi-partie muettes.

Faits. — Les faits nouveaux observés sont les suivants :

1° En plus du rat (blanc ou gris), la souris blanche, une gerbille (*Meriones shawi*) contractent le typhus sous forme d'infection inapparente ;

2° Le typhus est transmissible en série sous forme inapparente chez ces rongeurs (déjà 4 passages chez le mérione, 5 chez le rat) ;

3° L'immunité, conférée au cobaye par un typhus expérimental du type

---

[1] Séance du 11 août 1924.

classique (fébrile), n'est pas absolue. Trois cobayes, ayant présenté un an auparavant une fièvre typique, sont réinoculés. Aucun ne témoigne de fièvre ; mais le cerveau de deux d'entre eux, prélevé pendant la période de fièvre virtuelle et inoculé à deux cobayes neufs, leur donne le typhus fébrile ;

4° L'immunité conférée au cobaye par une infection inapparente antérieure vis-à-vis de l'infection apparente est incertaine, peu durable. Des cobayes ont pu être réinfectés sous forme d'infection typique (fébrile) quelques mois, même quelques semaines après leur maladie inapparente ;

5° Une première infection inapparente vaccine, au moins pour quelque temps, le rat, la souris et le mérione, vis-à-vis d'une réinfection inapparente ;

6° Le sérum des rats, guéris de typhus inapparent, ne nous a pas montré, jusqu'à présent, de propriétés préventives évidentes contre la réinfection inapparente du rat.

Enseignement. — Ces faits nous paraissent avoir une portée qui, sur certains points, dépasse la connaissance du typhus. Ils enseignent :

1° La nécessité de ne pas considérer que l'absence de symptômes chez un animal inoculé prouve nécessairement son état naturellement réfractaire ou son immunité acquise. A ce double point de vue, certaines conclusions négatives, tirées de l'étude expérimentale du typhus, seraient à réviser, c'est-à-dire qu'on devrait reprendre ces expériences, eu tenant compte de la possibilité d'infections inapparentes. Je publierai une expérience réalisée en 1918 avec Lebailly, restée inédite en raison de son caractère singulier et qui s'explique clairement aujourd'hui. Dans cette expérience, un cobaye, ayant reçu du sang filtré sans présenter de fièvre, a transmis le typhus fébrile à deux autres cobayes par passage. Le virus exanthématique filtre donc, au moins parfois et en quantité minime, puisque le sang filtré donne une infection inapparente au cobaye.

2° Il est des maladies humaines dont l'étude ne peut faire de progrès parce qu'aucune autre espèce ne réagit à l'inoculation du virus. On peut espérer que, contrairement à l'apparence, des espèces y sont sensibles sans le témoigner cliniquement et que, par un détour ingénieux, l'étude expérimentale deviendra possible.

3° Il est permis de penser que certaines maladies existent autour des espèces sensibles sur d'autres espèces qui n'en témoignent rien et qui peuvent les transmettre.

4° Il est logique de penser que, dans l'espèce sensible, les individus anciennement atteints et réputés réfractaires reprennent parfois la maladie

sous forme inapparente et la transmettent. Nous avons apporté quelques faits qui témoignent en ce sens pour la rougeole.

Le chapitre des infections inapparentes semble donc n'être qu'à son début et promettre des applications utiles.

Remarque. — Répétons, afin d'éviter une confusion qui commence à être commise, que le terme nouveau (comme la donnée qu'il signifie) *infection inapparente* n'a rien à voir avec le terme ancien, indicateur d'un fait banal : *infection latente*.

L'infection latente est un état subaigu ou chronique dans lequel le porteur conserve plus ou moins longtemps, sans en souffrir, le germe d'une maladie dont il a pu souffrir antérieurement et qui est ou non susceptible de reprendre de la virulence pour le porteur lui-même ou de se transmettre à d'autres. L'infection inapparente est une maladie aiguë, une septicémie qui a son incubation, son évolution, sa guérison et qui laisse, après elle, une immunité plus ou moins durable.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Département de l'Eure. *Rapports du Conseil départemental d'hygiène publique et de salubrité et des Commissions sanitaires*, années 1921 et 1922.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la théorie analytique des groupes continus finis.* Note [1] de M. **H. Mineur**, présentée par M. Émile Borel.

Nous exposons ici trois résultats principaux obtenus sur les groupes continus finis; ils étendent et rectifient dans une certaine mesure ceux que nous avons déjà publiés ici [2].

I. Soit g le groupe

$$x'_1 = \frac{ax_1 + bx_2}{cx_3 + d}, \qquad x'_2 = \frac{cx_1 + dx_2}{cx_3 + d}, \qquad x'_3 = \frac{ax_3 + b}{cx_3 + d},$$

[1] Séance du 4 août 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 360.

$\delta = x_1 - x_2 x_3$; et G un groupe isomorphe à g défini par trois transformations infinitésimales :

$$Y_i f = \xi_{i,1}\frac{\partial f}{\partial y_1} + \xi_{i,2}\frac{\partial f}{\partial y_2} + \xi_{i,3}\frac{\partial f}{\partial y_3} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Les $\xi_{i,h}$ sont fonctions rationnelles de y_1, y_2, y_3, y_4 liés par

$$F(y_1, y_2, y_3, y_4) = 0$$

et vérifient certaines conditions en leurs points singuliers.

Supposons $\Delta = \| \xi_{i,h} \| \neq 0$, g et G sont semblables et il existe des transformations $y = f(x)$ telles que

$$(1) \qquad f g f^{-1} = G.$$

L'étude de f nous conduit aux résultats suivants :

$f(x)$ reprend la même valeur si l'on effectue sur x les substitutions du groupe (g') sous-groupe de g' :

$$x'_1 = \frac{\alpha x_1 + \beta x_3}{\gamma x_2 + \delta}, \qquad x'_2 = \frac{\alpha x_2 + \beta}{\gamma x_2 + \delta}, \qquad x'_3 = \frac{\gamma x_1 + \delta x_3}{\gamma x_2 + \delta}, \qquad g'.$$

Si (g') est discontinu, f est uniforme ainsi qu'une transformation quelconque de G. L'équation (1) définit une correspondance biunivoque entre les transformations de g et G.

Dans le cas contraire, f n'est plus uniforme, G contient un sous-groupe singulier (G) composé d'une infinité discontinue de transformations permutables avec toutes celles de G. A une transformation T de G correspond une seule transformation t de g, mais à t correspondent toutes les transformations de G obtenues en multipliant T par les substitutions de (G).

Nous appelons ultrakleinéennes les fonctions $y(x)$ ainsi définies. Ces résultats peuvent être, du reste, exposés sous une forme plus générale que celle que nous donnons ici.

II. Nous étudions ensuite l'allure des fonctions $f(x)$ en un point x où $\delta = 0$, à un tel point correspond un point y où $\Delta = 0$. Si les groupes $\overline{G}$ et $\overline{g}$ obtenus en faisant respectivement $\Delta = 0$ et $\delta = 0$ dans les équations de G et g sont semblables, les fonctions $f(x)$ et $f^{-1}(y)$ sont holomorphes dans le voisinage des points considérés.

III. Soient (γ) un groupe kleinéen

$$x'_1 = \frac{\alpha_i x_1 + \beta_i}{\gamma_i x_1 + \delta_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots)$$

et (g') un groupe défini en coordonnées homogènes par les équations

$$(g')\qquad \begin{cases} x'_1 = \alpha_i x_1 + \beta_i x_{n+1}, \\ x'_{n+1} = \gamma_i x_1 + \delta_i x_{n+1}, \\ x'_k = \alpha^{(k)}_{i,2} x_2 + \alpha^{(k)}_{i,3} x_3 + \ldots + \alpha^{(k)}_{i,n} x_n \\ \quad (i = 1, 2, \ldots;\ k = 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Les $n-1$ dernières équations définissent un groupe (g'_1) isomorphe à (γ). Soient $X^{(i)}_2(z)$, $X^{(i)}_3(z)$, ..., $X^{(i)}_n(z)$ $(i = 2, 3, \ldots, n)$ $n-1$ systèmes de fonctions zêta kleinéennes relativement à (γ) et (g'_1) et à l'entier m; soient encore $\theta(z)$ une fonction θ d'ordre $m + \frac{1}{2}$, $g_1(z)$ et $g_2(z)$ deux fonctions kleinéennes; le système

$$\begin{gathered} y_2 X^{(2)}_2(z) + y_3 X^{(3)}_2(z) + \ldots + y_n X^{(n)}_2(z) = x_2\theta(z), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y_2 X^{(2)}_n(z) + y_3 X^{(3)}_n(z) + \ldots + y_n X^{(n)}_n(z) = x_n\theta(z), \\ y_1 = g_1(z), \qquad y_{n+1} = g_2(z), \qquad x_1 = z \end{gathered}$$

définit pour les y des fonctions uniformes des x, de plus les y reprennent la même valeur lorsque les x subissent une substitution de (g') et seulement dans ce cas.

Nous avons ainsi formé de nouvelles fonctions automorphes. Les fonctions ultrakleinéennes en sont des cas particuliers; nous pouvons donc former de telles fonctions et grâce à l'équation (1) des groupes G dont nous faisons l'étude en nous appuyant sur les résultats des paragraphes I et II.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le problème du régime uniforme dans un tube cylindrique fin à section en triangle rectangle isoscèle.* Note (¹) de M. **Paschoud**.

Dans une Note récente (²), M. C. Kolossoff a donné une solution très remarquable du problème de la torsion d'un prisme ayant pour base un triangle rectangle isoscèle.

On sait que, de toute solution d'un problème de torsion, on peut déduire une solution pour le problème correspondant du régime uniforme dans les tubes cylindriques. Il s'agit alors de trouver une solution de

(¹) Séance du 11 août 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2057.

l'équation

$$\Delta_2 V = -K \qquad (K = \text{une constante positive donnée}),$$

satisfaisant à la condition $V = 0$ le long du contour du tube.

Pour le cas du tube en triangle rectangle isoscèle, la solution qui se déduit de celle de M. Kolossoff est, avec les mêmes notations que lui,

$$V = \frac{K}{2}\left[-xy + a(x+y) - \frac{1}{2}(x^2+y^2) - 2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 a^2 \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)\,\mathrm{sh}\,\frac{(2n+1)\pi}{2}} \right.$$
$$\left. \times \left\{ \mathrm{sh}\,\frac{(2n+1)\pi y}{2a} \cos\frac{(2n+1)\pi x}{2a} + \mathrm{sh}\,\frac{(2n+1)\pi x}{2a} \cos\frac{(2n+1)\pi y}{2a} \right\}\right].$$

M. Boussinesq, dans ses travaux sur le problème du régime uniforme, calcule la vitesse moyenne du débit, U, et la met sous la forme $U = kK\sigma$, où k est un coefficient purement numérique, caractéristique de la forme du tube, et où σ est l'aire de sa section.

Il est intéressant de déterminer, pour le cas du triangle rectangle isoscèle, la valeur de k et de la comparer à sa valeur connue pour le triangle équilatéral.

Le débit du tube, Q, est donné par l'expression

$$Q = \int\int V\,dx\,dy,$$

l'intégration étant étendue à toute la section.

Tous calculs faits, dans notre cas, il vient pour Q l'expression

$$Q = \frac{Ka^4}{2}\left[\frac{2}{3} - \frac{2^4}{\pi^5} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{\coth\frac{(2n+1)\pi}{2}}{(2n+1)^5}\right].$$

La vitesse moyenne est

$$U = \frac{Q}{\sigma} \qquad \text{avec} \qquad \sigma = 2a^2,$$

et le coefficient

$$k = \frac{1}{8}\left[\frac{2}{3} - \frac{2^4}{\pi^5} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{\coth\frac{(2n+1)\pi}{2}}{(2n+1)^5}\right].$$

Avec quatre décimales exactes, on trouve $k = 0{,}0257$.

Pour le triangle équilatéral, M. Boussinesq avait trouvé $k = 0{,}0289$.

On s'explique sans peine que la valeur de k soit plus petite que dans le cas du triangle équilatéral. L'influence des angles de 45° doit y réduire sensiblement le débit par unité d'aire.

On peut encore calculer ici la vitesse maxima et la mettre sous la forme

$$V_{max} = k' K \sigma,$$

k' étant aussi un coefficient purement numérique.

Ce maximum de V se produit à très peu près pour le point $x = y = \frac{3}{8}a$.

En ce point, $k' = 0{,}059$ contre $0{,}064$ pour le triangle équilatéral.

Cette différence s'explique aisément par le fait qu'à égalité d'aire entre les deux triangles, le contour du triangle rectangle isoscèle est plus grand que celui du triangle équilatéral.

ÉLASTICITÉ. — *Quatre méthodes pour résoudre le problème de la poutre rectangulaire.* Note de M. **Carl A. Garabedian**, transmise par M. Mesnager.

L'objet de cette Note est de signaler certaines méthodes auxquelles on est amené en appliquant aux poutres de section rectangulaire les séries que j'ai déjà exposées [1]. Il s'agit de quatre méthodes distinctes que j'appellerai A, B, AA, BB, et sur lesquelles je ne peux donner ci-dessous que de brèves indications. Pour chaque méthode je choisirai à titre d'exemple explicatif le cas de la poutre posée uniformément chargée. Faute de place je ne donnerai ici que la flèche.

La méthode A. — Parmi les six problèmes auxquels le développement de Maurice Levy est applicable [2], envisageons le cas d'une plaque ayant deux bords opposés appuyés, les deux autres étant libres. Ce problème résolu pour la plaque *épaisse* [3], nous avons également une solution de la poutre posée. Remarquons que la largeur de cette poutre excède beaucoup

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 942.

[2] M. Levy, *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 535; M. Estanave, *Thèse*, 1900 (Gauthier-Villars).

[3] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 619.

la hauteur. En posant pour abréger :

$$\alpha = \frac{\pi i}{a}, \qquad k = \frac{1}{(3+\sigma)\,\mathrm{sh}\,\alpha b - (1-\sigma)\alpha b},$$

on obtient pour la flèche :

$$(i) \quad w\left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2}, 0\right) = -\frac{4pa^4}{D\pi^5}\sum \frac{1}{i^5}\sin\frac{\pi i}{2}$$
$$\times\left[1 - \frac{\sigma(1+\sigma)k}{1-\sigma}\left\{\mathrm{ch}\,\alpha b - 1\right\}\mathrm{sh}\frac{\alpha b}{2} + \sigma k\left\{\frac{1+\sigma}{1-\sigma}\mathrm{sh}\,\alpha b - \alpha b\right\}\mathrm{ch}\frac{\alpha b}{2}\right]$$
$$-\frac{2(8-3\sigma)pa^2h^2}{5(1-\sigma)D\pi^3}\sum\frac{1}{i^3}\sin\frac{\pi i}{2}$$
$$\times\left[1 - \frac{4\sigma k}{8-3\sigma}\left\{(6-\sigma)\,\mathrm{sh}\frac{\alpha b}{2} + (1-\sigma)\alpha b\,\mathrm{ch}\frac{\alpha b}{2}\right\}\right]$$
$$+\frac{16\sigma(8+\sigma)ph^4}{25(1-\sigma)D\pi}\sum\frac{1}{i}\sin\frac{\pi i}{2}k\,\mathrm{sh}\frac{\alpha b}{2},$$

résultat dont le premier terme s'accorde avec la solution de M. Estanave $\left(\sigma = \frac{1}{4}\right)$ pour la plaque mince. Ici les extrémités de la poutre sont $x = 0$, $x = a$; les faces sont $y = 0$, $y = b$, $z = \pm h$, dont l'une $(z = h)$ est soumise à une pression p par unité d'aire. Les constantes σ et D sont celles des notations de Love [1].

La méthode B. — Dans cette méthode on considère une plaque dont les faces $y = \pm b$ sont verticales et ne subissent aucun effort. L'épaisseur de la plaque étant $2b$, la poutre est large de $2b$. Le côté $z = h$ de la plaque (face supérieure de la poutre) est soumis à une pression P par unité de longueur; le côté $z = -h$ est libre. Les deux côtés $x = 0$, $x = a$ deviennent les extrémités de la poutre. Ici la hauteur de la poutre excède beaucoup la largeur.

Il s'agit maintenant de résoudre les équations relatives au plan de la plaque. Trouver des solutions convenables est un problème assez difficile, témoin la thèse de M. Ribière [2]. Pour la poutre à l'étude je me contenterai ici d'une solution dont le w s'annule aux extrémités *pour toute valeur de z*. On peut dire que ce phénomène est dû à une répartition étrangère des réactions dans les plans $x = 0$, $x = a$, et que son influence est très faible à une distance du contour supérieure à la hauteur. Bien que cet exemple s'écarte de la poutre rigoureusement posée, il est intéressant

(1) LOVE, *The Mathematical Theory of Elasticity*, Cambridge, 1920.

(2) RIBIÈRE, *Thèse*, 1888; Gounouilhou, Bordeaux.

dans le cas où la longueur dépasse beaucoup la hauteur. On trouve ([1]) :

$$(ii)\quad w\left(\frac{a}{2}, 0, 0\right) = -\frac{4Pb^3a}{3(1-\sigma^2)D\pi^2}\sum\frac{1}{i^2}\sin\frac{\pi i}{2}\left[\frac{(1+\sigma)\alpha h\,\mathrm{sh}\,\alpha h + 2\,\mathrm{ch}\,\alpha h}{\mathrm{sh}\,\alpha h\,\mathrm{ch}\,\alpha h - \alpha h}\right] + \frac{4\sigma P b^5}{9(1-\sigma^2)Da}\sum\sin\frac{\pi i}{2}\,\frac{\mathrm{ch}\,\alpha h}{\mathrm{sh}\,\alpha h\,\mathrm{ch}\,\alpha h - \alpha h}.$$

La méthode AA. — Cette méthode est analogue à A. Ici je résous les équations différentielles *auxiliaires* en appliquant une seconde fois la méthode de séries. Ainsi on n'a qu'à traiter des équations aux dérivées totales ([2]).

Pour la flèche de la poutre posée il résulte :

$$(iii)\quad w(0, 0, 0) = -\frac{p}{120\,\mathrm{EI}}\left[25a^4 - \frac{10\sigma(1+5\sigma)a^2b^2}{1+\sigma} + 6(8-3\sigma)\,a^2h^2\right].$$

Ici (et dans BB) les faces de la poutre sont $y = \pm b$, $z = \pm h$, et elle est posée aux extrémités $x = \pm a$.

La méthode BB. — Finalement, en suivant la même marche décrite ci-dessus pour AA, on arrive à la méthode analogue à B. Ici la flèche s'écrit ainsi :

$$(iv)\quad w(0, 0, 0) = -\frac{P}{120\,\mathrm{EI}}\left[25a^4 - 10\sigma a^2b^2 + 6(8+5\sigma)\,a^2h^2\right].$$

En prenant la moyenne dans la largeur, on trouve par la méthode BB des solutions qui s'accordent avec celles que M. Love a obtenues en ramenant le problème à deux dimensions ([3]).

Remarquons que nous traitons toujours nos problèmes en trois dimensions malgré leur apparence de deux dimensions. Les méthodes A et B l'emportent sur AA et BB au point de vue de la rigueur, mais celles-ci donnent des solutions intéressantes qui s'expriment en polynome.

([1]) Dans les exemples de A et B se présentent des séries divergentes. Il faut montrer, comme l'a fait M. Mesnager pour les cas simples [*Moments et flèches de plaques rectangulaires minces* (*Annales des Ponts et Chaussées*, t. 3, 1916, p. 391)], qu'il est possible de les utiliser.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 621.

([3]) Pour ce qui a été déjà fait sur la poutre rectangulaire, voir le sommaire historique de M. Filon dans son opuscule : *On an approximate solution for the bending of a beam of rectangular section under any system of load* (London, *Phil. Trans. R. Soc.*, série A, vol. 201, 1903, p. 151). Voir aussi Love, *op. cit.*

Notons aussi que les solutions (i), (iii), (iv) s'accordent lorsque $\sigma = 0$, la solution (ii) étant exceptionnelle. Toutes les méthodes donnent une flèche du quatrième ordre dans les trois dimensions linéaires de la poutre.

Comme je l'ai dit dans l'opuscule sur les plaques circulaires [1], les solutions qu'on obtient par la méthode de séries sont rigoureuses, mais elles supposent toujours une répartition parabolique des réactions dont il serait intéressant d'étudier l'influence.

Ajoutons en terminant que la hauteur dans A, comme la largeur dans B, peut être variable. Dans les méthodes AA et BB on peut faire varier l'une et l'autre.

ASTRONOMIE. — *Détermination de la latitude géographique, trois hauteurs quelconques et la déclinaison de l'astre étant connues.* Note de M. **Antonio Cabreira.**

Soient α_1, α_2 et α_3 trois hauteurs quelconques de l'astre; δ_1, δ_2 et δ_3 les respectives valeurs de la déclinaison; P l'angle au pôle à l'occasion de la première hauteur; i et i' les variations de cet angle pendant les deux intervalles de temps écoulés entre la détermination des mêmes hauteurs, et φ la latitude géographique du lieu.

Des formules

$$\cos P = \frac{\sin\alpha_1 - \sin\delta_1 \sin\varphi}{\cos\delta_1 \cos\varphi}, \qquad \cos(P - i) = \frac{\sin\alpha_2 - \sin\delta_2 \sin\varphi}{\cos\delta_2 \cos\varphi},$$

$$\cos[P - (i + i')] = \frac{\sin\alpha_3 - \sin\delta_3 \sin\varphi}{\cos\delta_3 \cos\varphi}$$

on déduit, en divisant membre à membre la deuxième et la troisième par la première,

$$\operatorname{tang} P = \frac{\dfrac{(\sin\alpha_2 - \sin\delta_2 \sin\varphi)\cos\delta_1}{(\sin\alpha_1 - \sin\delta_1 \sin\varphi)\cos\delta_2} - \cos i}{\sin i} = \frac{\dfrac{(\sin\alpha_3 - \sin\delta_3 \sin\varphi)\cos\delta_1}{(\sin\alpha_1 - \sin\delta_1 \sin\varphi)\cos\delta_3} - \cos(i + i')}{\sin(i + i')}.$$

Si l'on fait

$$a = \sin i \cos\delta_1 \cos\delta_2, \qquad b = \sin i' \cos\delta_2 \cos\delta_3, \qquad c = \sin(i + i') \cos\delta_1 \cos\delta_3,$$

(1) *Trans. Amer. Math. Soc.*, vol. 25, n° 3, p. 343. Cf. Love, *op. cit.*, Chap. XXII.

il en résulte

(1)
$$\sin\varphi = \frac{a\sin\alpha_3 + b\sin\alpha_1 - c\sin\alpha_2}{a\sin\delta_3 + b\sin\delta_1 - c\sin\delta_2}.$$

Dans le cas où nous pouvons considérer $i \gtrless i'$ et $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3$ ou $i = i'$ et $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3$, on aura, respectivement,

(2)
$$\sin\varphi = \frac{\sin i \sin\alpha_3 + \sin i' \sin\alpha_1 - \sin(i + i')\sin\alpha_2}{[\sin i + \sin i' - \sin(i + i')]\sin\delta}$$

et

(3)
$$\sin\varphi = \frac{\sin\alpha_3 + \sin\alpha_1 - 2\cos i \sin\alpha_2}{4\sin^2\frac{1}{2}i\sin\delta}.$$

M. Mello-Simas, savant astronome de l'Observatoire de Lisbonne, essayant cette formule, au moyen de l'étoile d'*Aquilæ*, pour

$$\alpha_1 = 51^\circ.31'.24'',7; \quad \alpha_2 = 35^\circ.12'.36'',0; \quad \alpha_3 = 12^\circ.55'.32'',0;$$
$$i = 30^\circ.4'.55'',6; \quad \delta = +2^\circ.57'.59'',5,$$

a trouvé

$$\varphi = 38^\circ.42'.54'',$$

arc qui ne diffère que de 24″ de la latitude géographique du lieu. Cette différence tend vers zéro lorsque la valeur de i augmente.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse totale de Lune du 14 août observée à l'Observatoire de Strasbourg*. Note de M. **Ernest Esclangon**.

L'éclipse de Lune du 14 août n'a pas été favorisée à Strasbourg par l'état du ciel qui, couvert au début de la totalité, ne s'est dégagé que progressivement et d'une manière partielle. Toutefois, entre $9^h 30^m$ et $10^h 15^m$ (t. m. Gr.) la Lune s'est trouvée dans une éclaircie; ce qui a permis d'observer convenablement la fin du phénomène.

La limite de l'ombre a paru particulièrement nette; dans la partie éclipsée, il était impossible de discerner aucun détail de la surface lunaire; la teinte paraissait neutre, d'un gris blafard, sans trace de coloration.

Le dernier contact de l'ombre avec le disque a été observé à $10^h 9^m 39^s$ par M. Esclangon, à $10^h 9^m 31^s$ par M. Rongier, à $10^h 9^m 24^s$ par M. Danjon.

Les mesures photométriques qui avaient été préparées, en particulier par M. Danjon, n'ont pu être réalisées en raison du mauvais état du ciel pendant la plus grande partie du phénomène.

PHYSIQUE. — *Quelques applications électromécaniques des relais à arc, à gaine extérieure.* Note [1] de MM. **L. Dunoyer** et **P. Toulon**.

Nous avons signalé récemment [2] la remarquable action par influence qu'une gaine conductrice extérieure permettait d'exercer sur la colonne positive d'un arc au mercure dans le vide. La gaine établit ou coupe par « tout ou rien » le courant de sens invariable qui passe dans l'arc, suivant que la tension gaine-cathode est en concordance ou en opposition de phase avec la tension d'alimentation. Elle agit au contraire d'une manière progressive, elle *module* le courant moyen de sens invariable qui passe dans l'arc, si la phase de la tension gaine-cathode prend un retard progressif compris entre o et π sur la phase de la tension d'alimentation. De plus, le courant de gaine utile est extrêmement faible. Nous nous proposons d'indiquer ci-dessous quelques-unes des nombreuses applications électromécaniques que ces propriétés permettent de réaliser.

De plus l'extrême sensibilité que possède le relais en raison de la petitesse des charges qu'il suffit d'amener sur la gaine pour la rendre active permet d'agir soit directement dans des montages avec fils, soit par télégraphie ou téléphonie sans fil.

a. Fonctionnement par « tout ou rien ». — Le montage même qui nous a servi pour l'expérience de principe décrite dans notre précédente Note est celui-là même qui pourrait être employé pour un certain nombre d'applications, dans lesquelles on voudrait déclancher ou interrompre le passage d'un courant intense continu (ou pseudo-continu) dans un appareil d'utilisation, avec une dépense d'énergie minime et sans aucune étincelle extérieure. On peut citer la commande d'électro-aimants, de moteurs pour sirènes, pompes, etc., la commande du courant d'excitation d'alternateurs puissants. La substitution de relais à arc aux disjoncteurs dans l'huile actuellement en usage permettrait de couper ou d'établir des courants intenses sous haute tension sans étincelle extérieure.

---

(1) Séance du 4 août 1924.

(2) L. Dunoyer et P. Toulon, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 148-151.

Dans ces diverses applications, la commande peut être *directe* ou *indirecte*. Nous disons qu'il y a commande directe lorsque l'on met directement la gaine, au moyen d'un manipulateur morse, par exemple, en communication avec la source qui lui donne le potentiel convenable.

Nous disons qu'il y a commande indirecte lorsque la charge de la gaine résulte des variations d'état électrique d'un circuit isolé dont fait partie la gaine. Voici deux cas de commande indirecte, l'un par fil et l'autre sans fil.

Dans le premier cas la charge de la gaine résulte des variations de capacité d'un système entièrement isolé dont elle fait partie. Supposons, par exemple, que la gaine soit reliée au balancier d'un pendule isolé au bout duquel se trouve une armature métallique que les oscillations amènent alternativement devant deux autres armatures fixes, électriquement reliées aux extrémités du transformateur d'alimentation, de telle sorte que l'une des armatures fixes soit constamment en concordance de phase avec l'anode et l'autre en opposition de phase. Quand l'armature mobile sera devant la première des armatures fixes, le courant passera dans l'arc; il sera coupé au contraire quand l'armature mobile sera devant l'armature fixe en opposition de phase avec l'anode. D'ailleurs une dérivation sur le circuit parcouru par le courant redressé permettra évidemment, au moyen d'un électro-aimant, de donner une impulsion au pendule à chaque oscillation.

Voilà donc réalisé *un pendule qui, sans aucune liaison matérielle, est entretenu électriquement et peut commander un grand nombre d'organes récepteurs pour lesquels on peut disposer d'une puissance considérable.*

Un autre montage analogue consiste à relier la gaine d'une part à une ligne aérienne isolée, et d'autre part à une armature d'un condensateur dont l'autre armature est constamment en opposition de phase avec l'anode. Une autre ligne parallèle à la première est constamment en opposition de phase avec l'anode. Si l'on règle convenablement la capacité du condensateur, il suffit d'une très légère variation de la capacité du système formé par les deux lignes, celle par exemple qu'entraîne le passage d'une personne entre les deux lignes, pour déclancher l'allumage de l'arc et le fonctionnement des appareils d'utilisation.

Comme exemple du second cas de commande indirecte, nous prendrons celui où l'arc est commandé soit par des courants microphoniques, soit par une réception de télégraphie ou de téléphonie sans fil. La gaine est alors reliée, d'une part, à travers une grande résistance R à l'anode, d'autre part à travers un

détecteur et l'appareil récepteur des courants de haute fréquence à l'extrémité du transformateur d'alimentation en opposition de phase avec l'anode. Comme détecteur on pourra prendre avec avantage une lampe triode; la plaque est alors reliée à la gaine, et la grille à l'extrémité du transformateur en opposition de phase avec l'anode à travers : 1° un condensateur shunté par une très grande résistance; 2° l'appareil récepteur des courants de haute fréquence (secondaire du transformateur microphonique ou bobine accordée sur l'antenne réceptrice); 3° la batterie de 4 volts qui sert au chauffage du filament.

Suivant qu'il y a réception ou non de courants de haute fréquence la résistance du détecteur ou de la lampe l'emporte ou non sur la résistance fixe R, et la gaine prend le potentiel de l'anode ou un potentiel opposé. *On peut ainsi à la voix soit par sans fil commander sans relais intermédiaires des moteurs d'une puissance quelconque.*

b. Fonctionnement modulé par déphasage de la gaine. — L'expérience de principe que nous avons décrite dans notre précédente Note comporte aussi des applications immédiates, par exemple à la *traction électrique*. Au lieu de régler directement le courant continu qui alimente les moteurs des essieux au moyen de rhéostats nécessairement puissants et coûteux, on pourrait employer le système suivant : alimentation en courant alternatif, transformation de ce courant alternatif sur la voiture motrice en courant redressé au moyen d'un relais à arc, réglage de ce courant sans étincelle et sans perte d'énergie par le déphasage de la gaine; or ce déphasage peut être obtenu au moyen d'un appareillage très simple et très économique puisque la puissance dépensée pour obtenir ce déphasage est de l'ordre des milliwatts. De plus le dispositif qui règle le déphasage de la gaine a l'avantage d'être électriquement isolé du courant d'alimentation.

Au lieu de régler ainsi l'intensité moyenne du courant redressé, on peut évidemment régler de la même manière sa tension moyenne. Le relais à arc peut donc fonctionner soit comme *régulateur de tension*, soit comme *régulateur de courant* équivalent à un rhéostat de démarrage sans perte d'énergie.

Supposons que l'on emploie un relais à arc à plusieurs anodes alimentées par une distribution polyphasée. Le courant redressé peut être aussi continu que l'on veut. Supposons maintenant que l'on produise sur la phase de chacune des gaines (au moyen d'un dispositif à champ tournant facile à imaginer) des décalages convenablement échelonnés quant à leurs valeurs

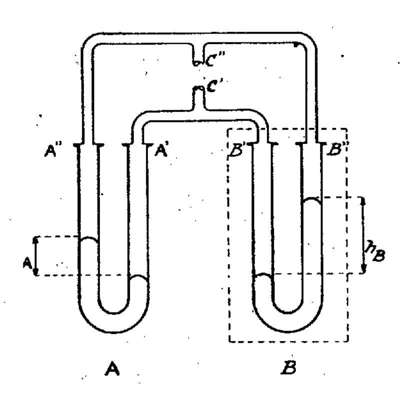
et quant à leur succession ; le courant continu deviendra ondulé et la période des ondulations dépendra uniquement du rythme suivant lequel la succession des déphasages sera obtenue. L'appareil fonctionnera donc alors comme un *transformateur de fréquence*.

On peut aussi exprimer cette propriété en disant qu'un relais à arc polyphasé permet de faire passer du courant d'une phase sur une autre. On peut alors s'arranger de manière que le maximum du courant sur une phase soit en avance sur la tension d'alimentation, ce qui fournirait une solution au problème de l'*amélioration du facteur de puissance* sur les réseaux alternatifs.

Enfin la combinaison de nos relais à arc avec d'autres dispositifs connus permettrait de les employer à la *compensation automatique de la chute de tension en ligne*.

PHYSIQUE. — *Méthode pour la détermination de la densité du fer et d'autres métaux réfractaires dans l'état liquide.* Note (¹) de M. **Carl Benedicks**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

1. Soit A (voir la figure) un tube en U, contenant du mercure à la température ordinaire, et B un tube en U, contenant un métal liquide dont on veut déterminer la densité. Les branches A′ et A″ communiquent, par des tubes qui sont chargés — par les orifices C′ et C″ — d'un gaz inactif. En



établissant entre les tubes A′B′ et A″B″ une différence de pression, les ménisques du mercure et du métal à étudier se déplaceront comme l'indique la figure. Les différences de niveau h_A et h_B seront dans le rapport

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

inverse des densités s_{Hg} et s du mercure et du métal à étudier, c'est-à-dire

$$s = \frac{h_A}{h_B} s_{Hg}.$$

s_{Hg} étant connu avec une grande précision et h_A étant facile à mesurer, la détermination de la densité se réduit essentiellement à la détermination de la différence de niveau h_B.

On voit que le résultat est entièrement indépendant de la dilatation des tubes. A cet égard, la méthode représente une extension de l'admirable méthode classique de Dulong et Petit.

La détermination de h_B pourra se faire de deux manières : 1° par voie optique, en employant pour B du verre réfractaire ou de la silice fondue; 2° par contact électrique : la position des ménisques de B étant déterminée par exemple par des sondes en tungstène dont la dilatation est connue. Pour les métaux réfractaires, le second procédé seul pourra être employé.

2. La précision de la méthode à basse température a été établie en déterminant la densité de l'étain et du plomb liquide.

Pour l'étain, la différence de niveau h_{Sn} a varié de 15^{mm} à 65^{mm}; le quotient $\frac{h_{Sn}}{h_{Hg}}$, était en moyenne 1,95. On a trouvé, pour 320° ± 5° C., la densité

$$s = \frac{13,55}{1,95} = 6,95.$$

D'après Arpi [1], cette densité est égale à 6,90; selon Day, Sosman et Hostetter [2] elle est 6,92. A + 22° C. la densité du même échantillon d'étain solide était 7,32 ± 0,01, un peu supérieure à la valeur généralement adoptée, 7,28.

Pour le plomb, à 500° ± 5° C., on a obtenu

$$s = 10,47.$$

Arpi [1] a trouvé 10,53, Day, Sosman et Hostetter [2] 10,477.

Ces données font voir que la méthode proposée donne, pour les métaux facilement fusibles, des résultats en bon accord avec ceux des méthodes antérieures.

3. La difficulté essentielle pour les métaux réfractaires est la production des tubes en U réfractaires, d'une étanchéité suffisante. Les essais exécutés jusqu'ici portent exclusivement sur le fer (à 0,10 pour 100 de carbone).

---

(1) R. Arpi, *Internat. Zeitschr. f. Metallographie*, t. 5, 1913, p. 142.

(2) Landolt-Börnstein, *Phys.-chem. Tabellen*, 5 Aufl., Berlin, 1923, p. 291.

Comme matière réfractaire on a employé de la magnésie avec une addition de bauxite et, comme supports intérieurs, des tubes de carbone. Une cloche régulatrice a été construite. Le chauffage se faisait par courant alternatif (250 ampères, 60 volts). Les sondes électriques en tungstène étaient protégées contre la dissolution dans le fer par un mince enduit non métallique ($MgO + CSi$ + mélasse).

Le résultat obtenu, moyenne de cinq déterminations différentes, est pour la densité du fer liquide à 1540°

$$s_{Fe} = 6,92 \pm 0,07.$$

Ce résultat ne peut être comparé à celui de Roberts-Austen et Wrightson [1], qui ont donné 6,88 dans leurs expériences; il s'agissait d'une fonte, contenant 5 à 8 pour 100 de matière étrangère, et la température ne dépassait probablement pas 1200°.

4. Un contrôle a été obtenu en laissant le fer se solidifier sous une différence de pression déterminée ($27^{mm},80$ Hg). Après refroidissement et destruction du vaisseau à fusion, on a mesuré la distance verticale entre les deux branches solidifiées (de l'ordre de 55^{mm}). Or, la contraction totale de solidification du fer doux étant de $\frac{1}{55}$, on calcule facilement la correction à faire pour avoir le h_{Fe} à la température de solidification. De cette manière, on a trouvé pour la température de solidification (1525° environ)

$$s = 6,83,$$

chiffre moins exact que l'autre, mais en donnant cependant une confirmation acceptable.

5. La valeur ainsi obtenue pour le fer à 1550°, soit 6,92, n'est que provisoire; l'analyse a fait ressortir une cémentation sensible (tubes extérieurs en carbone). La teneur probable en carbone était de 0,20 à 0,25 pour 100.

Des expériences mentionnées, la première partie a été exécutée par M. Gösta Phragmén; les expériences à haute température ont été poursuivies par M. David W. Berlin, qui a aussi spécialement déterminé le coefficient de dilatation du tungstène employé. Un compte rendu plus détaillé sera publié dans un autre Recueil.

---

[1] W.-C. Roberts and T. Wrightson, *Nature*, t. 24, 1881, p. 470.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesures électrométriques de très faibles différences de potentiel alternatives.* Note [1] de MM. C. GUTTON et G. LAVILLE, présentée par M. G. Ferrié.

En téléphonie, les mesures doivent être faites pour de très faibles courants. Les noyaux en fer des enroulements ont, en effet, une perméabilité qui dépend de l'intensité du courant, les valeurs des résistances apparentes et des inductances n'ont par suite d'utilité que si elles ont été déterminées dans des conditions qui diffèrent peu de celles du fonctionnement en service normal.

C'est pourquoi nous avons étudié un électromètre adapté à la mesure des tensions efficaces aux bornes des appareils de la téléphonie et qui, pour toute fréquence, permet la mesure de différences de potentiel de l'ordre du volt.

L'aiguille de cet électromètre est une bande rectangulaire découpée dans le papier d'aluminium qui sert couramment à la construction des condensateurs. Elle a 5^{mm} de hauteur et 15^{mm} de longueur. Ses extrémités sont repliées à angle droit, en sens inverses, sur une longueur de 3^{mm}. Elle est collée sur une fine tige de quartz, qui porte à sa partie inférieure un petit miroir découpé dans un couvre-objet de microscope argenté. Elle est suspendue par un fil de quartz de 40^{mm} de longueur et 3 microns environ de diamètre entre deux plateaux d'aluminium. L'équipage mobile ainsi constitué ne pèse que 15^{mg}.

Dans sa position d'équilibre, les plans des extrémités repliées de l'aiguille sont inclinés sur ceux des plateaux fixes. Lorsqu'on établit entre ces derniers une différence de potentiel, l'aiguille tourne dans un sens inverse de celui qu'indique ses extrémités, dont les plans tendent à devenir parallèles à ceux des plateaux.

On cherche l'orientation la plus favorable de l'aiguille, et, pour régler la sensibilité, on en approche les plateaux au moyen de vis.

L'électromètre est enfermé dans une boîte cylindrique en laiton. Une lentille de convergence 0,5 dioptrie et le miroir projettent, sur une règle à 2^{m}, l'image du filament d'une lampe à incandescence. La lentille ferme une ouverture disposée sur une bague qui entoure la boîte de l'électromètre, et que l'on peut tourner de façon à amener la lentille en face du miroir après que l'on a trouvé la meilleure orientation de l'aiguille.

On obtient sur la règle une déviation de 100^{mm} environ pour une différence de potentiel efficace d'un volt entre les plateaux. L'un de ces derniers et la boîte de l'électromètre sont constamment réunis au sol.

L'appareil a un zéro bien stable, mais un très grand amortissement.

---

(1) Séance du 21 juillet 1924.

A cause d'inévitables différences électriques entre l'aiguille et les plateaux, la déviation pour une différence de potentiel constante change de grandeur lorsqu'on inverse le sens de cette différence. Aussi étalonnons-nous l'électromètre en courant alternatif à 50 périodes. Le courant passe dans un fil de maillechort assez long pour que l'on puisse mesurer la différence de potentiel entre ses extrémités avec un voltmètre électrodynamique et les plateaux de l'électromètre sont réunis à deux points du fil dont la distance est une fraction connue de sa longueur totale.

Nous avons éprouvé le fonctionnement de l'électromètre en faisant les quelques déterminations suivantes :

Résistance apparente et inductance d'un téléphone. — Un récepteur téléphonique Brunet de résistance ohmique 1890 ohms est mis en série avec une boîte de résistances et l'ensemble est parcouru par un courant de fréquence 896 obtenu en couplant à un oscillateur à lampe une bobine sans fer, d'un très grand nombre de spires, intercalée sur le circuit.

Nous mesurons les différences de potentiel entre les bornes du téléphone, entre celles de la boîte de résistances et entre les extrémités de l'ensemble des deux appareils. Pour éviter les influences nuisibles des capacités avec le sol des diverses parties d'un circuit dont un point est au sol, nous faisons en sorte que l'une des bornes entre lesquelles se fait la mesure soit toujours réunie au plateau au sol de l'électromètre et à l'une des extrémités de la bobine dans laquelle l'oscillateur induit le courant.

Nous traçons le triangle formé par les trois vecteurs qui représentent les différences de potentiel mesurées et en déduisons le triangle dont les côtés représentent la différence de potentiel entre les bornes du téléphone, sa composante wattée et sa composante déwattée. La différence de potentiel entre les bornes de la boîte de résistances fait connaître l'intensité du courant.

On arrive à une plus grande précision en mesurant directement l'impédance du téléphone et celle de l'ensemble du téléphone et de la résistance, sans avoir recours à la courbe d'étalonnage de l'électromètre, on fait passer le même courant alternatif dans l'appareil à étudier et dans l'ensemble de deux boîtes de résistances montées en potentiomètre. On règle ce potentiomètre de telle sorte que la déviation de l'électromètre ne change pas lorsqu'on transpose rapidement les fils réunis à ses plateaux des bornes de l'appareil à étudier à celles du potentiomètre. La résistance intercalée entre ces dernières est alors égale à l'impédance cherchée.

Un dispositif de commutation facile à imaginer permet les manœuvres nécessaires tout en conservant la condition de jonction au sol que nous avons signalée plus haut.

Nous avons trouvé pour l'inductance du téléphone :

$L\omega = 4050$ ohms et pour sa résistance apparente $R = 4200$ ohms ; le coefficient de self-induction est alors $0^h,72$; l'intensité du courant était 0,24 milliampère.

Pour une intensité de 0,17 milliampère, nous trouvons $L\omega = 3820$ ohms, $R = 4200$ ohms, $L = 0^h,68$.

En enlevant la plaque vibrante du téléphone et pour cette même intensité, $L\omega = 3560$ ohms, $R = 3580$ ohms, $L = 0^h,63$.

Résistance apparente et inductance de l'un des enroulements d'une bobine toroïdale (*Repeating coil*). — Cet enroulement avait une résistance ohmique égale à 20 ohms pour l'intensité 0,24 milliampère, nous trouvons $L\omega = 2440$ ohms, $R = 190$ ohms, $L = 0^h,43$.

Résistance apparente et inductance du secondaire de la bobine d'induction d'un poste téléphonique. — La résistance ohmique était 156 ohms. Pour la même fréquence et l'intensité 0,17 milliampère, les mesures électrométriques donnent $L\omega = 2300$ ohms, $R = 400$ ohms, $L = 0^h,41$.

Signalons enfin qu'en reliant l'électromètre aux bornes de ce secondaire et en connectant au primaire un microphone et un élément Leclanché, on obtient des déviations de plusieurs centimètres lorsque l'on cause normalement devant le microphone, l'électromètre étant réglé à sa plus grande sensibilité. En parlant fort, la déviation atteint plus de 10^{cm}.

Les indications d'un électromètre sont indépendantes de la fréquence ; l'appareil que nous venons de décrire peut donc servir aux mesures en très haute fréquence. L'emploi de l'électromètre a, sur celui de la soudure thermo-électrique, l'avantage d'un étalonnage facile à basse fréquence et valable encore à fréquence très grande. La construction de l'électromètre, l'obtention d'un fil de quartz convenable, ne présentent pas de grandes difficultés.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Conditions météorologiques de l'apparition de certaines perturbations atmosphériques dans les appareils récepteurs de T. S. F.* Note (1) de MM. **R. Bureau** et **A. Viaut**, présentée par M. G. Ferrié.

L'origine météorologique des troubles provoqués par les *atmosphériques* dans les appareils récepteurs de T. S. F. apparaît nettement quand on les

(1) Séance du 4 août 1924.

rapproche des perturbations météorologiques fondamentales qui régissent l'ensemble des mouvements de l'atmosphère. Les concepts modernes de la météorologie dynamique permettent de mettre ces perturbations en évidence.

a. Par l'examen des *noyaux de variation de pression* ([1]), c'est-à-dire des zones où la variation totale du baromètre est tout entière soit positive (*noyaux de hausse*) soit négative (*noyaux de baisse*) dans un intervalle de temps inférieur ou égal à la demi-période de l'onde barométrique, demi-période variable (de 6 à 48 heures) suivant le régime dans lequel on se trouve.

b. Par la délimitation des grandes masses d'air d'origine *polaire* ou d'origine *équatoriale* ([2]). Les propriétés de ces masses d'air sont assez distinctes pour provoquer à leur frontière des *discontinuités* brusques dans la plupart des éléments météorologiques (vent au sol et en altitude, température, humidité, etc.). Les surfaces frontières entre ces deux masses d'air sont très peu inclinées sur l'horizontale (quelques centièmes). Elles ne sont pas immobiles; leur propagation, et par suite celle des discontinuités qui leur sont liées, provoquent les principales perturbations météorologiques. Cette propagation peut se présenter sous deux aspects différents : *invasion d'air polaire* se glissant en coin au-dessous de l'air équatorial (*front froid*); *arrivée d'air équatorial* au-dessus de l'air polaire qui précède (*front chaud*).

Les fronts froids correspondent en général à un noyau de hausse de pression, les fronts chauds à un noyau de baisse.

Deux Notes précédentes ([3]) ont signalé que, dans la *saison d'hiver*, les perturbations atmosphériques perçues dans les appareils de T. S. F. sont

---

([1]) E. Delcambre et Ph. Schereschewsky, *Sur une méthode nouvelle de prévision des variations barométriques* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1673). — Ph. Wehrlé, *Sur la notion de période dans l'étude des noyaux de variations de pression* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 324). — Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Sur le mouvement des noyaux de variations de pression* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1001). — Ph. Wehrlé et R. Cordebas, *Sur la notion de phase dans l'étude de la perturbation ondulatoire de pression* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 324. — Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Éléments d'une synthèse des méthodes de prévision française et norvégienne* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 994).

([2]) J. Bjerknes et H. Solberg, *Les conditions météorologiques de formations de la pluie, L'évolution des cyclones et la circulation atmosphérique d'après la théorie du front polaire; Mémorial de l'Office National Météorologique de France*, n° 6.

([3]) R. Bureau, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 556 et 1623.

provoquées par l'arrivée d'un front froid et sont détruites par l'arrivée d'un front chaud [1]. Elles ont également indiqué l'influence de l'ascension des fronts froids sur les montagnes et celle de leur arrivée dans les régions de température élevée. Elles ont donné une explication dynamique de l'ensemble de ces phénomènes.

Cette liaison entre les atmosphériques d'une part, les phénomènes météorologiques et les conditions topographiques d'autre part a été entièrement confirmée par toutes les observations faites dans la saison chaude.

Nous ne citerons qu'un seul exemple, pris parmi les nombreuses observations faites dans l'année 1924, particulièrement riche en atmosphériques et en orages :

Le 14 mai au matin un front froid venant des Pyrénées envahit lentement le sud-ouest de la France. Il atteint Paris au début de la nuit. Il est suivi d'une longue période orageuse. D'autre part, après plusieurs journées où les atmosphériques se sont très peu fait sentir, des perturbations violentes sont perçues dès le 13 mai au soir dans les postes T. S. F. récepteurs de l'ouest et du sud-ouest de la France. A Paris le maximum s'oriente nettement vers le Sud dans la matinée du 14 pour faire place vers le soir à un brouillage général dans tous les azimuts. Ce brouillage persistera, sauf deux brèves interruptions, jusqu'à la fin du mois avec un effet diurne marqué (affaiblissement dans la matinée).

Le front froid a provoqué des atmosphériques avant son arrivée en France, car il avait déjà subi l'influence orographique des Pyrénées. Son approche et son passage sont marqués à Paris par la direction Sud du maximum suivie d'un brouillage général. Quant au caractère de trouble continu (à la fois au point de vue météorologique et au point de vue des ondes radioélectriques naturelles) il semble dû à l'action orographique des Pyrénées qui favorise sur le sud de la France un refroidissement énergique en altitude tandis que la température au sol est relativement élevée, d'où renforcement et persistance du trouble. Par contre les fronts froids qui abordent la France plus au Nord provoquent des atmosphériques violents, mais passagers et suivis d'une période calme.

En résumé, sous nos latitudes et *en toute saison :*

---

(1) La liaison locale entre les fronts de la théorie de Bjerknes et les atmosphériques avait déjà été signalée par M. Friedrich Herath (*Travaux de l'Observatoire aéronautique de Lindenberg*, t. 14, 1922, p. 119). Nos conclusions sur l'influence locale du passage des fronts froids sont d'accord avec les siennes. Elles s'en écartent en ce qui concerne le mode d'action des fronts chauds.

1° Les atmosphériques sont invariablement liés aux fronts froids (invasions d'air polaire), *même dans le cas où ces fronts ne provoquent pas d'orages;*

2° Ils sont détruits par l'arrivée d'un front chaud;

3° Ils sont renforcés quand le front froid s'élève sur des régions montagneuses;

4° Ils le sont également quand le front froid envahit des régions où la température du sol est relativement élevée;

5° Ces deux dernières actions réunies peuvent provoquer la persistance du trouble atmosphérique durant des périodes assez longues.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la réversibilité des réactions de formation de l'acide sulfurique dans le procédé des chambres de plomb.* Note de M. **André Graire.**

On sait que la formation de l'acide sulfurique, dans les chambres de plomb, est basée sur les réactions d'oxydation du gaz sulfureux, en présence de vapeur d'eau et des acides et oxydes de l'azote. Le mécanisme de l'action catalytique des composés nitrés n'a pu, jusqu'ici, être clairement établi, par suite de la faible teneur et de l'instabilité des corps intermédiaires qui interviennent dans le processus de cette fabrication:

Acide nitrosulfonique SO^3HNO et nitrososulfonique SO^3HNOOH de Raschig;

Acide nitrosodisulfonique $NO(SO^3H)^2$ de Trautz;

Acide nitrosylsulfurique ou sulfate acide de nitrosyle SO^4HNO de Lunge et de Sorel.

Toutefois, et quelles qu'aient été les divergences des théories émises à ce sujet, on s'accorde en général à reconnaître que les réactions intermédiaires des chambres aboutissent finalement à des phénomènes successifs d'oxydation et de réduction des composés azotés. Les équations globales seraient donc qualitativement les suivantes:

$$2SO^2 + 2NO^2 + 2H^2O = 2SO^4H^2 + 2NO,$$
$$2NO + O^2 = 2NO^2.$$

D'autre part on admet également que l'acide sulfurique ne peut exister à l'état gazeux au-dessous de 170° C. et que, par suite, on ne le peut rencontrer, dans l'atmosphère des chambres, que sous forme de brouillards ou de gouttelettes. Enfin, les réactions globales de la fabrication, dans leurs limites

usuelles de température (20°-105°) sont considérées comme essentiellement irréversibles, par suite de la stabilité de l'acide sulfurique formé en présence des agents réducteurs.

Mais les considérations précédentes et les conséquences théoriques qui en découlent nous semblent en contradiction avec les observations que nous allons exposer ci-dessous :

1° On sait que, dans la détermination de l'azote nitrique par le procédé au nitromètre, il convient d'utiliser un acide sulfurique à 90 pour 100. On constate en effet que, pour une concentration supérieure, le volume de bioxyde d'azote dégagé décroît peu à peu, même à la température ordinaire, et l'analyse perd toute précision.

Confirmant cette observation, Bodenstein a remarqué, au cours de ses recherches sur la vitesse d'oxydation de l'oxyde nitrique, qu'il est impossible de conserver ce gaz sur l'acide sulfurique à 66° B. par suite d'une dissolution lente du bioxyde d'azote *avec dégagement de gaz sulfureux*. Cette remarque amena d'ailleurs Bodenstein à substituer, dans son appareillage, le mercure à l'acide sulfurique.

2° Lorsqu'elles se produisent *dans la phase liquide*, les réactions de formation de l'acide sulfurique varient, avec la concentration en ions H, dans de très larges limites.

On sait qu'en solution aqueuse ou très faiblement acide, la réaction des acides sulfureux et azoteux est complète et irréversible, par suite de la formation d'acide sulfurique et de protoxyde d'azote :

$$2SO^3H^2 + 2NO^2H = 2SO^4H^2 + N^2O + H^2O.$$

Par contre, en solution sulfurique concentrée (98 pour 100 SO^4H^2), le trioxyde d'azote N^2O^3 est sans action sur le gaz sulfureux et l'acide nitrosylsulfurique doit être considéré comme le seul produit stable. Enfin, en présence d'acide sulfurique moyennement dilué, c'est-à-dire dans les conditions des chambres, la réaction est presque toujours incomplète. Le produit final, intermédiaire entre le protoxyde et le trioxyde tend, en effet, à limiter la formation d'acide sulfurique. On peut expliquer ainsi la présence fréquente et simultanée des acides sulfureux et nitreux dans l'acide sulfurique à 60-70 pour 100 SO^4H^2 des chambres de plomb.

3° Lorsqu'elles se produisent *dans la phase gazeuse*, et dans une atmosphère où la tension de la vapeur d'eau correspond à la concentration sulfurique des chambres, les réactions de formation de l'acide sulfurique sont limitées par les réactions inverses. C'est un fait d'expérience que l'oxydation du gaz sulfureux se produit principalement dans la partie antérieure

des chambres de plomb, l'extrémité de chaque chambre étant surtout utilisée pour la condensation de l'acide formé. La courbe d'oxydation de l'acide sulfureux tend donc vers une asymptote dont la valeur ne dépend que de la tension de vapeur d'eau ou, ce qui revient au même, de la température moyenne de la chambre de plomb considérée.

Les observations précédentes conduisent donc à rejeter les théories qui font principalement dépendre la fabrication en tête des chambres des mouvements gazeux de brassage et de mélange dans les tuyaux de communication. L'intensité de la réaction en tête dépend uniquement, croyons-nous, de la brusque diminution de tension de vapeur d'eau effectuée au sein d'un mélange gazeux en équilibre.

4° Il arrive fréquemment, lorsque le produit final n'est pas éliminé, que, sous des influences diverses, la réaction se renverse dans la partie postérieure des chambres de plomb. On constate alors une augmentation de la teneur en SO^2 qui peut atteindre, dans certains cas, 0,2 à 0,3 pour 100 en volume, ce qui correspond à près de 5 pour 100 de la production totale des chambres. Ce phénomène est particulièrement fréquent dans les chambres de queue des appareils.

La même action peut être mise en évidence par des essais de laboratoire. En faisant arriver dans une chambre à réaction, à 85° C., un mélange gazeux ayant la composition :

$$SO^2 = 2,90 \text{ pour } 100, \quad H^2O = 8,94 \text{ pour } 100, \quad NO^2 = 0,87 \text{ pour } 100,$$
$$O^2 = 7,82 \text{ pour } 100, \quad Az^2 = 79,39 \text{ pour } 100.$$

M. Forrer a constaté, non seulement que l'oxydation du gaz sulfureux était nulle, mais encore que l'acide catalyseur (à 67 pour 100 de SO^4H^2), employé pour mouiller les parois de la chambre, se vaporisait presque en totalité.

5° Il résulte enfin de nos observations que la réduction de l'acide sulfurique est particulièrement notable pour les faibles concentrations en SO^2 des gaz, soit à la sortie des appareils, soit, mieux encore, dans les tours de Gay-Lussac. Nous avons pu démontrer, dans des conditions expérimentales qui excluent toute cause d'erreur, que des gaz presque entièrement dépouillés de leur acide sulfureux (moins de 0,05 pour 100 en volume) à l'entrée des tours de Gay-Lussac contiennent souvent, à la sortie de ces colonnes, des teneurs appréciables d'acide sulfureux (de 0,10 à 0,30 pour 100). Il n'est donc pas douteux, dans ce cas, *que le gaz sulfureux ne provienne de la décomposition, par les gaz échappés des appareils, de l'acide sulfonitreux qui ruisselle dans les tours.*

Ces résultats expérimentaux confirment d'ailleurs les essais de Trautz, et l'observation faite par ce savant d'un dégagement de gaz sulfureux par agitation de bioxyde d'azote avec un acide sulfonitrique à 93 pour 100 de SO^4H^2 et 1,22 pour 100 de NO^3H.

Des faits précédents, il semble donc qu'on puisse conclure à la réversibilité des réactions dans le procédé des chambres de plomb.

Bien que les corps intermédiaires qui prennent naissance au cours de cette fabrication nous soient encore inconnus, il ne semble pas douteux que le processus de leur formation ou de leur décomposition ne soit régi par les lois ordinaires de déplacement d'équilibre, et que le sens et la vitesse des réactions de fabrication ne dépendent uniquement des phénomènes physico-chimiques d'échange entre les phases gazeuse et liquide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires. Identification des produits de déshydratation du triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1.* Note [1] de M^me^ **Pauline Ramart**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication, j'ai exposé la préparation et la déshydratation du triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1

$$(C^6H^5)^2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - C\begin{matrix} \diagup (CH^3)^2 \\ \diagdown CH^2C^6H^5 \end{matrix},$$

déshydratation qui donne lieu à la formation de deux carbures fondant à 110° et à 90°.

Si l'on admet que la déshydratation est précédée d'un échange entre l'oxhydryle et l'un des radicaux fixé sur l'atome de carbone voisin de celui qui porte la fonction alcool [ce qui nous conduit aux carbinols (A) et (B) dont nous donnons plus loin la préparation], on peut attribuer à chacun des carbures fondant à 110° et 90° l'une des formules :

$$(C^6H^5)^2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ - CH^2C^6H^5 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} \begin{matrix} \nearrow \ \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix} \!\!\gt C - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} \ (A) \rightarrow \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix} \!\!\gt C - C\begin{matrix} /\!\!/ CH^2 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} \quad (I), \\ \searrow \ \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!\gt C - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^2C^6H^5 \end{matrix} \ (B) \rightarrow \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!\gt C - C\begin{matrix} /\!\!/ CH^2 \\ \diagdown CH^2.C^6H^5 \end{matrix} \quad (II), \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!\gt C - C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown\!\!\diagdown CH.C^6H^5 \end{matrix} \quad (III). \end{matrix}$$

---

[1] Séance du 28 juillet 1924.

En réalité, la formule (II) est à rejeter, car on sait que l'oxhydryle s'élimine plutôt avec un atome d'hydrogène fixé sur un atome de carbone secondaire qu'avec un atome d'hydrogène d'un carbone primaire.

La formule (III) fait prévoir l'existence de deux stéréoisomères.

L'étude directe de ces deux carbures, notamment l'oxydation chromique ou permanganique, ne nous ayant donné que très peu de renseignements sur la constitution de nos deux carbures, nous avons effectué la synthèse des alcools (A) et (B) et les avons ensuite déshydratés.

Préparation et déshydratation du triphényl-3.3.4-*méthyl-2-butanol*-2 (A). — Cet alcool a été obtenu par l'action de l'iodure de méthylmagnésium sur l'éther benzylique de l'acide benzyldiphénylacétique. Les rendements sont d'environ 80 pour 100.

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ C^6H^5CH^2\end{matrix}\!\!>\!C-CO^2CH^2C^6H^5+2CH^3MgI \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ C^6H^5CH^2\end{matrix}\!\!>\!C-\underset{OH}{\overset{}{C}}\!\!<\!\begin{matrix}CH^3 \\ CH^3\end{matrix}$$

Il se présente sous la forme d'un liquide bouillant à 205°-210° sous 1^{mm}.

Sa déshydratation s'effectue péniblement. Traité soit par la chaleur en présence de terre d'infusoires, soit par le mélange chlorure d'acétyle et anhydride acétique, soit encore par P^2O^5, il ne se déshydrate qu'en partie et la séparation du carbure formé avec l'alcool restant est difficile. L'hydrocarbure que nous avons obtenu et auquel l'analyse assigne la formule $C^{23}H^{22}$ est un liquide qui distille à 196°-199° sous 3^{mm} et à 235°-236° sous 25^{mm}. Il ne décolore pas le brome.

Du fait que ce composé est liquide, on peut écarter la formule (I) pour l'un des carbures de transposition, lesquels fondent à 110° et 90°.

Préparation et déshydratation du triphényl-1.3.3-*méthyl-2-butanol*-2 (B). — Pour obtenir ce composé on a condensé le chlorure de benzylmagnésium avec la diphényl-2.2-butanone-3 :

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C-CO.CH^3+C^6H^5CH^2MgCl \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C-C\!\!\begin{matrix}/CH^3 \\ -CH^2C^6H^5 \\ \backslash OH\end{matrix}$$

Les rendements en carbinol sont excellents. Le produit ainsi obtenu bout à 225°-230° sous 3^{mm}. Il fond vers 78°-80°, mais le point de fusion n'est pas très net. Il est très soluble dans l'éther, l'alcool, le benzène.

La déshydratation de cet alcool se fait avec la plus grande facilité; elle a été effectuée de différentes manières :

a. Par le mélange chlorure d'acétyle et l'anhydride acétique, il se forme : 1° un carbure fondant à 110° identique au carbure de transposition (F. 110°); 2° un carbure (F. 90°), se confondant avec le carbure de transposition (P. F. 90°) et qui, comme ce dernier, se transforme en carbure de transposition (P. F. 110°), par HBr en solution acétique.

b. Par action de la chaleur en présence d'agglomérés de terre d'infusoires, on obtient également les carbures fondant à 110° et 90°. Il reste dans les eaux mères de cristalli-

sation un peu d'une huile qui, d'après l'analyse, serait un mélange de carbures contenant encore de l'alcool. Cette huile, traitée par HBr, s'est transformée intégralement en carbure fondant à 110°.

L'ensemble de ces faits permet d'assigner au produit de déshydratation du triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1 la constitution du triphényl-1.1.3-méthyl-2-butène-1 et de considérer les deux carbures fondant à 110° et à 90° comme les deux stéréoisomères que la théorie permet de prévoir.

En résumé :

1° J'ai montré que les carbures provenant de la déshydratation du triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1 sont identiques à ceux que l'on obtient en enlevant une molécule d'eau au triphényl-1.3.3-méthyl-2-butanol-2. Tout semble donc se passer dans la première de ces déshydratations comme si, avant le départ de H^2O, il y avait échange entre un radical CH^3 et l'oxhydryle

$$(C^6H^5)^2 = \underset{\displaystyle \mathrm{OH}}{\underset{|}{C}} - C \begin{cases} CH^3 \\ CH^2C^6H^5 \\ CH^3 \end{cases} \rightarrow \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! C - \underset{\displaystyle \mathrm{OH}}{\underset{|}{C}} \begin{cases} CH^3 \\ CH^2C^6H^5 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! C - C \begin{cases} CH^3 \\ \| \; CHC^6H^5 \end{cases}$$

2° Nous avons également montré que le carbure fondant à 90° sous l'influence de HBr se transforme en son isomère fondant à 110° et que l'on peut considérer ces carbures comme les deux stéréoisomères que la théorie permet de prévoir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de l'hydrocellulose.* Note (¹) de MM. **H. Gault** et **B.-C. Mukerji**, présentée par M. A. Haller.

Les recherches que l'un de nous poursuit sur l'éthérification de la cellulose nous ont conduit à faire une étude, plus méthodique que celles effectuées jusqu'à présent, des principaux facteurs qui influent sur la formation de l' « hydrocellulose » sulfurique : concentration de l'acide, durée d'immersion dans le bain acide et température de ce bain, durée et température de séchage.

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

Nous avons fait varier successivement ces facteurs en déterminant le degré de dégradation correspondant de la cellulose par la mesure des indices de cuivre. Nous avons eu recours dans ce but à la méthode analytique que nous avons décrite dans une Communication antérieure (¹).

Nous exposons dans la présente Note les principaux résultats que nous avons obtenus au cours de cette étude.

Nous avons opéré de deux manières différentes :

A. Immersion à température ordinaire et séchage après expression, *sans lavage intermédiaire*.

B. Immersion à températures croissantes, et séchage *après lavage intermédiaire*.

A. Nous avons utilisé des acides sulfuriques étendus de concentration 1; 2,5; 5 pour 100.

Dans tous les cas, quelle que soit la durée de l'immersion (durée maximum : quatre mois), la dégradation due au simple contact avec des acides dilués est *nulle*.

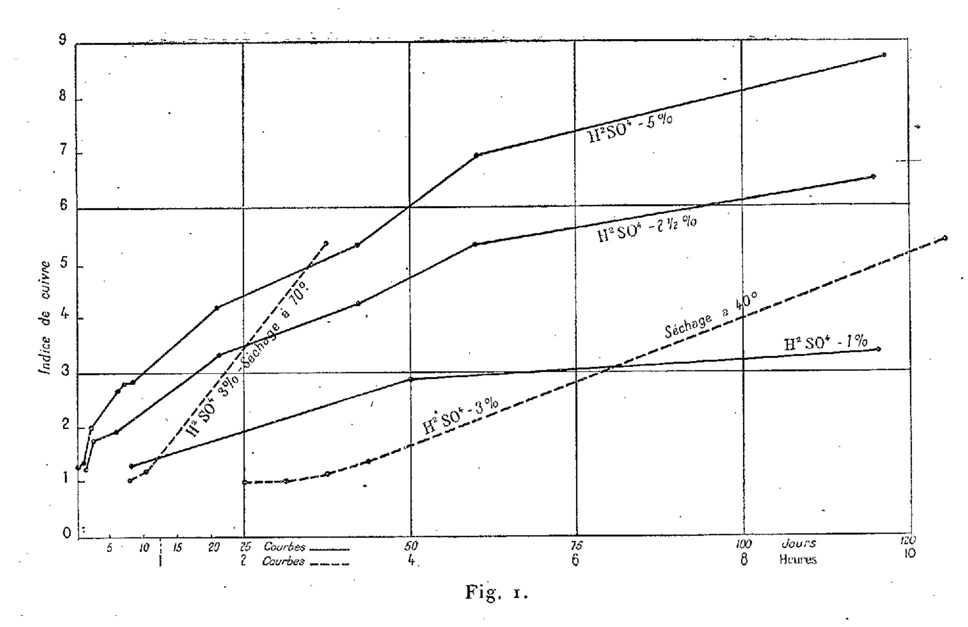


Fig. 1.

Si, par contre, on sèche la cellulose sans effectuer aucun lavage préalable, et en se contentant de soumettre la matière retirée du bain à une pression mécanique connue et constante, la dégradation s'effectue et se

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 711.

poursuit progressivement à mesure que la concentration de l'acide dilué retenu par les fibres augmente.

La figure 1 donne la variation de l'indice de cuivre en fonction de la durée de séchage, respectivement à la température ordinaire du laboratoire (courbes 1) et aux températures fixes de 40° et de 70° (courbes 2).

B. Nous avons soumis la cellulose, à l'action d'acides sulfuriques dont la concentration, grâce à un dispositif spécial, était maintenue constante, même aux températures relativement élevées auxquelles nous avons opéré.

Nous avons utilisé des acides de concentration : 5, 10, 50 pour 100, aux températures de 65°, 70°, 80°, 90°, la durée d'immersion variant de 5 à 45 minutes.

La dégradation de la cellulose sous la seule action de l'immersion ne commence à se manifester, pour un acide à 5 pour 100, qu'à la température de 70°.

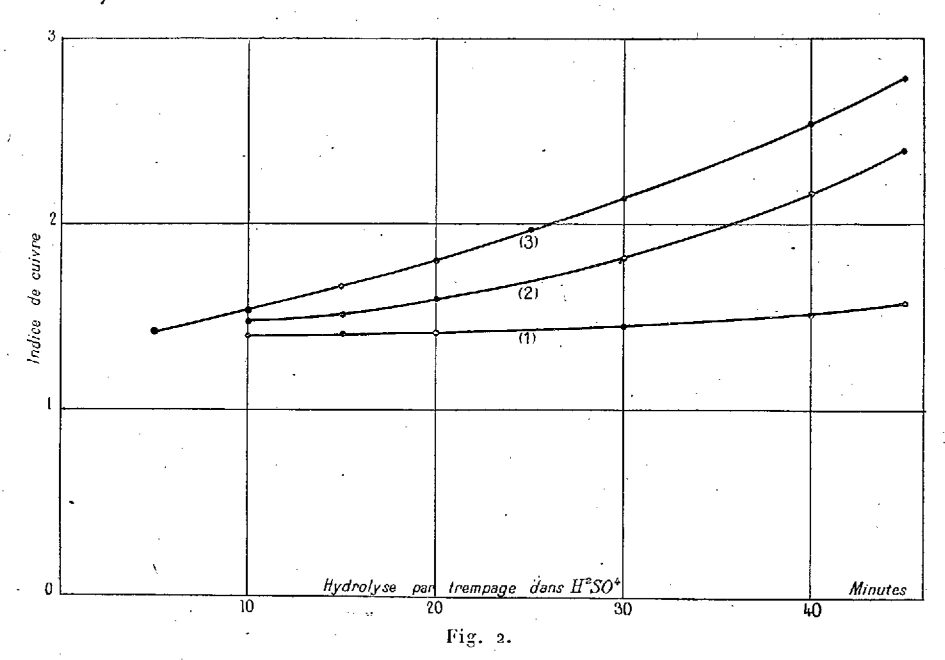


Fig. 2.

La figure 2 traduit les divers résultats que nous avons enregistrés. Elle donne les variations de l'indice de cuivre en fonction de la température et de la durée d'immersion pour des acides sulfuriques de concentration 5 pour 100 (courbe 1), 10 pour 100 (courbe 2), 50 pour 100 (courbe 3).

En dehors de ces résultats, nous avons noté deux points importants :

1° L'indice de cuivre de l'hydrocellulose varie *à degré de dégradation*

constant, en raison inverse de la teneur en eau-humidité et il est donc important de rapporter cette constante à une matière parfaitement sèche.

2° Heuser et Herzfeld (¹) ont signalé que l'indice de cuivre de l'hydrocellulose fortement dégradé (indice de cuivre : 5,4) pouvait s'abaisser jusqu'à prendre la valeur de l'indice de la cellulose pure (indice de cuivre : 0,88) par épuisement prolongé pendant 94 heures au Soxhlet.

Nous avons répété cet essai en le prolongeant (1000 heures) bien au delà des limites de temps indiqués par ces auteurs, et contrairement à eux, nous n'avons observé qu'un abaissement relativement faible de l'indice de cuivre (de 5,4 à 3,8).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérie du menthol et du néomenthol.* Note (²) de MM. **G. Vavon** et **A. Couderc**, présentée par M. A. Haller.

Pickard et Littlebury (³) ont donné le nom de néomenthol à un isomère du menthol qu'ils ont obtenu en fractionnant et dédoublant l'hexahydrothymol résultant de l'hydrogénation du thymol à l'aide du nickel.

Au menthol ordinaire *gauche* correspond un néomenthol *droit*, ces deux corps donnant par oxydation la même menthone *gauche*. Ces deux alcools qui sont des méthyl-1-isopropyl-4-cyclohexanols-3 diffèrent donc entre eux par la position de l'oxhydryle par rapport au radical isopropyle, *l'un étant l'isomère cis, l'autre l'isomère trans.*

La présente Note a pour but de donner : 1° une préparation simple et rapide du néomenthol; 2° une étude comparée de l'éthérification de ces menthols ainsi que de la saponification de leurs éthers-sels.

Préparation du néomenthol. — L'un de nous a montré (⁴) que la menthone gauche, en présence de noir de platine, fixait facilement une molécule d'hydrogène en donnant un corps droit.

On peut employer comme solvant l'acide acétique, l'éther, l'alcool; la vitesse de réaction décroissant du premier au dernier solvant. Le corps obtenu est toujours droit mais présente de légères variations dans son pouvoir rotatoire ($[\alpha]_{578}$ variant de $+4^\circ$ à $+10^\circ$) en fonction de la nature du solvant et de la température à laquelle se fait l'hydrogénation.

(¹) *Ch. Ztg*, t. 39, 1915, p. 689.

(²) Séance du 28 juillet 1924.

(³) Pickard et Littlebury, *Chem. Soc.*, t. 101, 1912, p. 109.

(⁴) G. Vavon, *Thèse de Paris*, 1913, p. 99.

Ce produit est constitué en majeure partie par du néomenthol droit.

La séparation des deux isomères par la méthode à l'anhydride ne nous ayant pas réussi nous avons employé l'anhydride succinique :

On chauffe le produit d'hydrogénation (3 parties) avec l'anhydride succinique (2 parties) pendant une quinzaine d'heures à 120°. On reprend par l'éther qui ne dissout pas l'anhydride en excès; on lave l'éther à la soude et précipite par un acide le succinate de sa solution sodique.

Le succinate ainsi obtenu est purifié par cristallisation, d'abord dans l'alcool aqueux (70 pour 100), puis dans l'acide acétique aqueux (70 pour 100) jusqu'à pouvoir rotatoire constant. Une cristallisation dans l'alcool et deux dans l'acide acétique sont suffisantes.

Constantes :

$$F = 68°, \qquad [\alpha]_{578} = +34°,70, \qquad [\alpha]_{436} = +60°,70$$

(mesures faites dans le chloroforme à la concentration de 5 pour 100).

La saponification de ce succinate donne un néomenthol liquide dont les constantes physiques sont :

$$E = 107 - 108° \text{ sous } 20^{mm}; \qquad d_4^{22°} = 0,897; \qquad n_D^{22°} = 1,4594;$$
$$[\alpha]_{578} = +21°,95, \qquad [\alpha]_{436} = +37°,26.$$

Ces constantes sont très voisines de celles que Pickard et Littlebury ont données pour le néomenthol gauche.

Éthérification comparée des deux menthols. — Nous avons fait trois séries d'expériences avec des mélanges équimoléculaires d'acide et d'alcool, la première série à 109° avec l'acide acétique, la deuxième à 109° avec l'acide butyrique, la troisième à 40° avec l'acide acétique contenant 5 pour 100 de HCl.

Dans chaque série on remplit un certain nombre d'ampoules d'un même mélange (acide + alcool) dont on titre l'acide au départ. Ces ampoules pesées avant et après remplissage sont maintenues à températures constantes. De temps en temps on ouvre une de ces ampoules et titre l'acide restant.

Les quantités d'alcool éthérifié sont données ci-dessous. (Les temps sont exprimés en heures.)

Première série.

Temps	5	17	27	65
Menthol ordinaire (%)	12,9	27,7	32,5	52,3
Néomenthol	5	7,2	12,8	34,4

Deuxième série.

Temps	4	16	44	120
Menthol ordinaire (%)	7,2	15,8	28,6	45,3
Néomenthol	4,4	8,4	18	31,8

Troisième série.

Temps	1	5	16	49
Menthol ordinaire (%)	8,8	23,1	51,9	58,4
Néomenthol	0,8	4,8	14,1	30,5

L'éthérification du néomenthol est donc plus lente que celle du menthol ordinaire, surtout dans la troisième série d'expériences, c'est-à-dire, à basse température et en présence de catalyseur.

Saponification des deux succinates acides. — Nous avons fait deux séries de mesures, la première à une température variant entre 19° et 22°, la seconde à 50°.

On dissout $\frac{1}{100}$ de molécule de succinate dans 45$^{cm^3}$ d'alcool à 95°; on ajoute $\frac{2}{100}$ de molécule de potasse et l'on complète à 100$^{cm^3}$ par de l'eau. On maintient à température constante et de temps en temps on fait un prélèvement de 10$^{cm^3}$ du mélange sur lequel on titre la potasse libre. On en déduit la quantité de succinate saponifié.

Première série.

Temps (en heures)	20	43	70	124	196	261	314
Menthol ordinaire	63	73	81	88,5	93,5	97,5	98
Néomenthol	6	7	10	12	15	17	21

Deuxième série.

Temps (en heures)	0,5	1,5	4	9	24,5	55	96
Menthol ordinaire	16	30	49	67	87	89	92
Néomenthol	5	6	11	13	18,5	30	40

Le succinate acide du néomenthol se saponifie plus lentement que celui du menthol ordinaire et la différence, ici encore, s'accentue quand la température s'abaisse.

Conclusions. — Les trois résultats précédents : formation prédominante de néomenthol dans l'hydrogénation de la menthone, éthérification plus lente du néomenthol et saponification plus lente de ses éthers peuvent être rattachés à une même cause : *l'empêchement stérique*.

En effet, le radical isopropyle protège l'une des valences de la double liaison carbone oxygène ; la plupart des molécules d'hydrogène atteignent

la fonction cétone par le côté opposé à ce radical et rompent la valence C-O qui lui est opposée ; l'oxhydryle se met par suite en *cis* par rapport au radical isopropyle.

Mais ce dérivé *cis* doit présenter, lui ainsi que ses éthers, une plus grande difficulté de réaction que son isomère *trans*, par suite de l'empêchement stérique dû précisément à la proximité du radical isopropyle.

Ainsi le menthol ordinaire serait le dérivé *trans*, le néomenthol le dérivé *cis* (C^3H^7 par rapport à OH).

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Recherches sur une nouvelle méthode d'analyse quantitative de la cyanamide dans sa combinaison calcique.* Note de MM. **R. Fosse**, **Ph. Hagene** et **R. Dubois**, présentée par M. E. Roux.

1. Nous avons précédemment établi (1) qu'il est facile de doser avec précision, sous la forme de xanthylurée, la cyanamide contenue dans son sel d'argent pur CN^2Ag^2.

L'hydrolyse totale de ce corps en urée était réalisée par l'action de l'acide nitrique concentré, à 40° B., à froid, durant une nuit, ou à 38-40° pendant 1 heure 30 minutes à 2 heures.

Le même procédé appliqué à la chaux azotée, à la température de 40°, ne nous ayant pas donné de résultats suffisamment précis, nous avons été conduits à étudier l'action d'un acide moins concentré.

2. *La cyanamide d'argent, soumise* 3 *heures, vers* 50°-55°, *à l'action de l'acide azotique* 2 N *et même* N, *est complètement transformée en urée.*

L'erreur commise, en dosant la cyanamide d'après l'urée formée dans ces conditions, n'atteint pas $\frac{1}{200}$ de CN^2Ag^2.

Expériences. — Une fiole conique à bec reçoit la quantité de cyanamide d'argent correspondant à 5^{cg} d'urée, c'est-à-dire, environ 20^{cg}, puis de l'acide nitrique normal : 50^{cm^3}. Après 3 heures de chauffage au bain d'eau réglé à 50° - 55°, la solution refroidie, faiblement alcalinisée par de l'ammoniaque, est additionnée d'eau pour former un volume exactement mesuré de 100^{cm^3}. A 20^{cm^3} de liqueur on ajoute 40^{cm^3} d'acide acétique et 3^{cm^3} de xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$.

La xanthylurée est essorée après 3 heures de condensation.

(1) R. Fosse, Ph. Hagene et R. Dubois, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 214.

CN^2Ag^2.	Volume total.	Volume dosé.	$CO\left[NH-CH\left<\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right>O\right]^2$.	Urée pour 100 CN^2Ag^2 Théorie 23,43, trouvé	Erreur en urée pour 100 CN^2Ag^2.	CN^2H^2 pour 100 CN^2Ag^2. Théorie 16,4, trouvé	Erreur en CN^2H^2 pour 100 CN^2Ag^2.
g 0,2033	cm³ 100	cm³ 20	g 0,658	g 23,10	g −0,33	g 16,18	g −0,22
0,2022	100	20	0,0656	23,10	−0,33	16,20	−0,20
0,1005	50	20	0,065	23,08	−0,35	16,15	−0,25
0,1028	50	20	0,0662	22,98	−0,45	16,08	−0,32

3. *Dosage de la cyanamide dans la chaux azotée à l'état de xanthylurée.* — On introduit successivement dans une fiole conique à bec :

Cyanamide calcique	1g
Eau	10cm³
Acide nitrique 2N	50cm³

Après 3 heures de chauffage du mélange, complètement immergé dans le bain réglé à 50°-55°, on refroidit, alcalinise légèrement par de l'ammoniaque, filtre dans une fiole jaugée de 500cm³, lave et complète le volume avec de l'eau jusqu'au trait de jauge.

L'urée xanthylée est recueillie après 3 heures de condensation dans le milieu :

Liqueur d'hydrolyse	cm³ 20
Acide acétique	40
Xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$	3

L'acide chlorhydrique, pris à la même concentration et dans les mêmes conditions que l'acide nitrique, transforme aussi complètement que ce dernier la cyanamide en urée, ainsi qu'il résulte des opérations et des dosages effectués comme ci-dessus en partant du milieu d'hydrolyse :

Cyanamide calcique	1g
Eau	10cm³
Acide chlorhydrique 2N	50cm³

Cyanamide de chaux.	Acide employé pour l'hydrolyse. NO³H.	HCl.	$O\left[NH.CH\left<{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right>O\right]^2$ pour 20/500 de liqueur.	CN²H² pour 100 cyanamide de chaux.	CN²Ca pour 100 cyanamide de chaux.
g 1,0251	+		g 0,1122	g 27,36	g 52,11
1,0230	+		0,1113	27,19	51,78
1,0365	+		0,1123	27,08	31,57
1,0173	+		0,1119	27,49	52,36
0,9601	+		0,1045	27,21	51,82
1,0105		+	0,1100	27,21	51,82
0,9994		+	0,1102	27,5	52,37
1,0045		+	0,1105	27,5	52,37

4. Les résultats ainsi obtenus s'écartent peu de ceux que nous a donné la méthode d'analyse de Caro (¹), appliquée au même lot de cyanamide calcique.

Dosage de la cyanamide dans la même chaux azotée par la méthode de Caro.

Cyanamide de chaux.	Volume de liqueur total.	Volume de liqueur précipité par acétate d'Ag ammoniacal.	Liqueur SO^4H^2 N/5 correspondant à CN^2Ag^2, produit par vol. précipité.	CN²H² pour 100 cyanamide de chaux.	CN²Ca pour 100 cyanamide de chaux.
g 10	cm³ 500	cm³ 25	cm³ 32	g 26,9	g 51,23
10	500	25	32	26,9	51,23
10	500	25	32,1	27	51,42
10	500	25	33,25	27,93	53,19
10	500	25	31,6	26,6	50,66

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du maltose en présence d'autres sucres réducteurs par l'emploi de la liqueur de Barfœd.* Note (²) de M. **P. Nottin**, présentée par M. Lindet.

M. Le Grand (³) a préconisé l'emploi de l'acétate de cuivre acétique (liqueur de Barfœd) pour doser les monoses en présence du maltose ou du lactose. Ces bioses, réducteurs du tartrate cupropotassique (liqueurs de

(¹) Caro, *Zeitschrift für angew. Chem.*, t. 23, 1910, p. 2405-2417.
(²) Séance du 16 juillet 1924.
(³) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 602.

Fehling, de Bertrand, etc.), ne réduiraient pas l'acétate de cuivre dans les conditions précisées par l'auteur : 15^{cm^3} de liqueur de Barfœd, et 5^{cm^3} de solution sucrée, contenant au plus $0^g,100$ de sucre. Les monoses, au contraire, réduisent les deux réactifs.

Au cours d'un travail qui sera publié ultérieurement sur l'hydrolyse de l'amidon, j'ai été amené à doser, par cette méthode, de petites quantités de glucose en présence d'un excès de maltose, et j'ai reconnu qu'en réalité ce dernier sucre réduisait légèrement la liqueur de Barfœd.

En effet, trois échantillons de maltose, considérés comme purs, d'origines différentes, auraient contenu du glucose en même quantité. Pour vérifier la pureté de l'un d'entre eux, j'ai fractionné sa solution alcoolique par addition d'éther, ce qui a donné trois précipités sirupeux obtenus successivement, et une quatrième portion restée en solution éthéro-alcoolique. Sur ces quatre fractionnements, j'ai déterminé, d'une part, le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'acétate de cuivre, suivant le procédé de M. Le Grand (pouvoir réducteur A), et d'autre part, le pouvoir réducteur vis-à-vis du tartrate cupropotassique, suivant la méthode classique de M. G. Bertrand (pouvoir réducteur T). Les résultats sont ramenés à 100^g du maltose calculé au moyen du glucose dosé après hydrolyse sulfurique :

	Pouvoir réducteur A en glucose.	Pouvoir réducteur T en glucose.	Rapport $\frac{A}{T}$.	Pouvoir réducteur T en maltose.
Premier précipité	$5^g,24$	$52^g,40$	0,100	$92^g,0$
Deuxième précipité	5,99	57,52	0,104	100,3
Troisième précipité	5,97	57,67	0,103	101,0
En solution	6,51	60,41	0,108	105,1

Si les sucres réducteurs A correspondaient à du glucose existant dans l'échantillon, le rapport $\frac{A}{T}$ ne serait pas constant dans les quatre fractionnements. D'ailleurs, si l'on exprime les sucres réducteurs T, non plus en glucose, mais en maltose, d'après la table publiée par M. G. Bertrand, on constate que les deuxième et troisième précipités sont certainement du maltose pur. S'il en existe, les traces de dextrine sont concentrées dans le premier précipité, et celles de glucose restent en solution. Les poids absolus des quatre fractionnements étant sensiblement égaux, l'erreur relative, commise en supposant pur l'échantillon de maltose, est 0,4 pour 100, c'est-à-dire de l'ordre des erreurs expérimentales.

Ces faits prouvent que le maltose réduit légèrement la liqueur de Barfœd, et que le glucose réel G, contenu dans un mélange, n'est pas égal aux sucres réducteurs A, contrairement aux conclusions de M. Le Grand. En conservant aux lettres A, T et G les significations précédentes, et en désignant par M la quantité réelle de maltose, on peut représenter la réduction de l'acétate de cuivre et celle du tartrate cupropotassique par les deux égalités suivantes :

(1) $$A = G + aM,$$

(2) $$T = G + bM,$$

dans lesquelles a et b sont deux coefficients à déterminer expérimentalement. De ce système d'équations, on tire :

$$a = \frac{A - G}{M},$$

$$b = a + \frac{T - A}{M}.$$

J'ai préparé 18 mélanges, en proportions variables, mais connues, de maltose et de glucose purs, et sur chacun d'eux, ainsi que sur chacun des sucres avant mélange, j'ai déterminé les pouvoirs réducteurs A et T, qui ont permis de calculer les coefficients a et b pour chaque cas particulier. Les chiffres obtenus sont concordants et fournissent les valeurs moyennes :

$$a = 0{,}070, \qquad b = 0{,}572.$$

1° Le maltose réduit la liqueur de Barfœd comme la réduirait une quantité de glucose égale aux $\frac{7}{100}$ du poids du maltose. Cette valeur, établie pour une concentration de maltose inférieure à 1 pour 100, diminue avec des concentrations plus fortes (0,053 à la concentration de 10 pour 100).

2° Le maltose réduit, en moyenne, la liqueur de Bertrand comme la réduirait une quantité de glucose égale aux $\frac{57{,}2}{100}$ du poids du maltose. Ce nombre b, qui varie avec la concentration en maltose, peut être calculé à partir des tables de M. G. Bertrand : 0,575 (pour $107^{mg},5$ de cuivre); 0,562 (pour $75^{mg},7$ de cuivre).

En conséquence, dans un mélange contenant environ 0,5 pour 100 de sucres réducteurs exprimés en glucose, on peut calculer la proportion de glucose et de maltose, à partir des pouvoirs réducteurs A et T, déterminés en suivant rigoureusement les modes opératoires indiqués par M. Le Grand et par M. G. Bertrand.

Les égalités (1) et (2) deviennent, en y portant les valeurs numériques ci-dessus obtenues :

$$(3) \qquad A = G + 0{,}07\,M,$$
$$(4) \qquad T = G + 0{,}572\,M.$$

En retranchant membre à membre (3) de (4) :

$$T - A = 0{,}502\,M$$

ou

$$M = \frac{1}{0{,}502}(T - A) = 1{,}995(T - A).$$

La différence des pouvoirs réducteurs vis-à-vis des deux sels de cuivre, multipliée par 1,995 (ou plus simplement par 2), est égale au maltose.

De l'égalité (3), on tire

$$G = A - 0{,}07\,M.$$

Le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'acétate de cuivre, diminué des $\frac{7}{100}$ du maltose, est égal au glucose vrai.

Cette méthode de calcul a été appliquée depuis plus d'un an à des mélanges divers de glucose, maltose et de dextrine; les résultats sont toujours d'accord avec les indications polarimétriques.

MINÉRALOGIE. — *La sklodowskite, nouveau minéral radioactif.* Note [1] de M. **Alfred Schoep.**

Le minéral dont il est question ici se trouve à Chinkolobwe (Congo belge), gisement d'où proviennent plusieurs minéraux uranifères dont la description a paru antérieurement dans les *Comptes rendus*. On le trouve dans les fissures d'une roche siliceuse bréchoïde renfermant entre autres minéraux des fragments de kasolite; il s'y présente sous forme de cristaux aciculaires, jaune citron, pâle, brillants, translucides, d'une pureté remarquable. La couleur de leur poudre est le jaune Oga de la gamme d'Ostwald; ils sont implantés normalement aux parois des fissures et les recouvrent par endroit complètement, donnant à celles-ci un aspect velouté. Ces cristaux

---

[1] Séance du 11 août 1924.

ont 4 à 5mm de longueur; leur épaisseur n'atteint jamais qu'une fraction de millimètre; ils sont très fragiles et il suffit d'y toucher légèrement pour les détacher. Ailleurs on trouve, à côté de ces cristaux, des cristaux de kasolite se distinguant de suite des premiers par leur couleur jaune plus foncée. J'ai encore observé le minéral sous une forme fibreuse, en sphérolites de 6 à 7mm de diamètre. Les cristaux sont disposés radialement; vers le centre ils sont identiques à ceux que je viens de décrire, aux dimensions près, mais vers la partie centrale, périphérique, des sphérolites, ils sont d'un jaune beaucoup plus pâle et recouverts d'une matière noire donnant la réaction du cobalt.

Quel que soit son facies ce minéral ressemble beaucoup à l'uranophane.

Au microscope, on constate que les cristaux sont allongés suivant une zone prismatique; on observe fréquemment les faces d'une pyramide terminant le prisme. Ils ont l'apparence rhombique. Ils sont pléochroïques, jaunes suivant Z, jaunes plus pâle suivant Y (direction de l'allongement), incolores suivant X. Les indices de réfraction sont : $\alpha = 1,613$; $\beta = 1,635$; $\gamma = 1,657$.

Certains cristaux montrent une bonne figure d'axes et la bissectrice aiguë; d'autres sont couchés sur une face de la zone du prisme qui est presque perpendiculaire à un axe optique; chez d'autres encore on observe la bissectrice obtuse. La dispersion est très marquée, $\rho > v$. Pour toutes les positions des cristaux dans la zone du prisme les extinctions sont droites; ils appartiennent donc au système orthorhombique, ce que confirme l'examen de la dispersion des axes optiques. Ils sont optiquement négatifs.

L'analyse révèle la présence des composés suivants : H^2O, SiO^2, UO^3, MgO, NiO, Na^2O, K^2O et TeO^3. A l'exception de ce dernier composé, on peut retrouver tous les autres microchimiquement. Il n'y a pas de traces de chaux dans les beaux cristaux translucides et inaltérés, ce qui, en dehors des propriétés physiques, différencie ce minéral de l'uranophane. Il diffère de la chinkolobwite par sa biréfringence plus forte et sa dispersion très accentuée ; de la soddite par ses indices de réfraction; en outre, de tous ces minéraux, par sa composition chimique.

J'ai fait plusieurs analyses des cristaux purs ; j'ai soigneusement vérifié au microscope l'absence de tout minéral étranger ou de toute impureté. L'acide chlorhydrique l'attaque facilement. Le nickel, le tellure, etc. ne sont pas imputables à la présence d'une gangue, mais ont vraisemblablement été absorbés par le réseau cristallin pendant la cristallisation. L'eau a été dosée par la méthode de Penfield; la silice, l'urane, la

magnésie, la soude et la potasse à la manière habituelle; le nickel, par le méthylglyoxyme; le tellure par un procédé décrit ailleurs (¹).

Les analyses ont donné les résultats suivants:

	I.	II.	III.	IV.
H^2O..........	13,06	13,77	13,33	13,41
SiO^2..........	14,55	-	-	14,28
UO^3..........	63,78	-	-	64,72
MgO..........	-	-	-	3,74
TeO^3..........	-	-	-	1,08
$Na^2O + K^2O$..	-	-	-	1,97
NiO..........	-	-	-	0,20
Total.....				99,40

Le tellure se retrouve dans tous les minéraux de Chinkolobwe en petite quantité : en le considérant comme une impureté, au même titre que le nickel, la potasse et la soude, et en rapportant à 100 les résultats de l'analyse IV on trouve pour les constituants du minéral :

		Nombres moléculaires.
H^2O..........................	13,94	0,77
SiO^2..........................	14,74	0,24
UO^3..........................	67,31	0,22
MgO..........................	3,88	0,09

ce qui conduit à la formule

$$MgO.2UO^3.2SiO^2.7H^2O.$$

En dessous de 100° ces cristaux ne perdent pas d'eau. A 110° ils perdent 1,23 pour 100 après deux heures de chauffe; à 350° ils ont perdu 10,51 pour 100. A 900° il se dégage environ 2 pour 100 d'oxygène et les cristaux deviennent noirs avec un éclat métallique bronzé, à condition de n'avoir pas été réduits en poudre avant l'essai. La densité du minéral est 3,54.

Ce minéral est nouveau. Je propose de lui donner le nom de sklodowskite en l'honneur de Mme Curie-Sklodowska.

(¹) A. Schoep, *Les minéraux uranifères (radioactifs) du Congo belge, etc.* (*Bull. Soc. belge de Géologie*, t. 33, 1923, p. 169-197).

PRÉHISTOIRE. — *Les récentes découvertes préhistoriques en Indochine.* Note (¹) de M. R. VERNEAU, présentée par M. H. Douvillé.

La préhistoire de l'Indochine est à peine ébauchée et, cependant, il semble, aujourd'hui, que cette partie de l'Extrême-Orient renferme de nombreux vestiges de populations qui l'ont habitée à des époques fort reculées. Jusqu'à ces dernières années, nous ne possédions guère de renseignements que sur la célèbre station de Somrong-Sen, au Cambodge. Les fouilles qu'on y a pratiquées ont montré que la base même du dépôt archéologique ne contient que des objets d'une époque néolithique relativement récente.

C'est également une industrie lithique très évoluée que nous ont révélée les récoltes de la mission Pavie dans le Haut Laos et celles qui ont été faites en Cochinchine; en outre, les objets recueillis, soit en bronze, soit en pierre, n'ont guère été trouvés en place. Ils n'étaient pas, certainement, l'œuvre d'une population primitive.

Au cours des explorations effectuées pendant de longues années par le Service géologique de l'Indochine, et notamment par M. H. Mansuy, des indices portaient à croire que nombre de grottes du Tonkin devaient recéler des vestiges de populations plus anciennes. Dès la fin de l'année 1906, une importante découverte était faite dans la caverne de Pho-Binh-Gia, au nord-ouest de Lang-Son. Cette caverne contenait un dépôt de remplissage qui n'avait subi aucun remaniement, comme le démontraient les petits lits de cendres et de charbon très réguliers existant à tous les niveaux. Les couches supérieures ont livré de beaux instruments en pierre soigneusement polis; mais au-dessous, se rencontrait une industrie beaucoup plus fruste, représentée principalement par des hachettes en microgranite, dont le tranchant a seul été poli sur une très petite étendue, et par une grande hache ne portant aucune trace de polissage. De très curieux fragments étroits de schiste d'âge primaire métamorphisé, présentant des sillons rapprochés et parallèles, ont dû servir à polir de petits outils bifides, sans doute en os ou en bois.

Cette trouvaille nous a révélé non seulement l'existence, en Indochine, d'une industrie néolithique des plus primitives, mais aussi les caractères des ouvriers qui ont fabriqué cet outillage. Grâce aux restes squelettiques

(¹) Séance du 28 juillet 1924.

qui gisaient dans les couches inférieures, il m'a été possible d'établir qu'il s'agit d'individus étroitement apparentés à la race indonésienne, c'est-à-dire à celle qui a précédé les Malais dans l'archipel asiatique et d'où descendent les Khâs et certains Miao-tsé.

De nouvelles découvertes d'une haute importance viennent d'être faites dans le massif calcaire de Bac-Son. Il s'agit de cavernes qui ont livré plus de 200 haches et plusieurs milliers d'instruments en pierre se rapportant à un stade de civilisation dont nous n'avions aucune idée.

Dans les dépôts archéologiques des cavernes de Keo-Phay et de Dong-Thuôc, M. Mansuy a retrouvé parfois, à une faible profondeur, l'industrie classique du Néolithique récent indochinois. Mais cette industrie disparaît dans les couches inférieures, où elle est remplacée par les instruments à faciès archaïque déjà rencontrés à Pho-Binh-Gia.

A Keo-Phay, à la base du gisement, se trouvaient des instruments amygdaloïdes et des racloirs, presque tous en rhyolite, aussi grossièrement taillés que ceux qui caractérisent notre Paléolithique ancien, et des fragments schisteux à sillons parallèles, analogues à ceux de Pho-Binh-Gia.

M. Fromaget, dans une caverne de l'Annam, et le capitaine Patte, dans le lit d'un ruisseau de la région de Bac-Son, ont également recueilli, l'un et l'autre, un instrument en rhyolite aussi fruste que nos coups-de-poing acheuléens. Mais ce qui constitue l'intérêt des découvertes de Keo-Phay, c'est qu'elles ont été faites en place, dans des couches nettement stratifiées, dont de nombreux foyers horizontaux attestaient l'intégrité.

A Dong-Thuôc, des ossements humains gisaient près de la base du dépôt de remplissage. Ils étaient accompagnés d'instruments en pierre typiques du Néolithique ancien indochinois. Il semble donc que ces restes soient à peu près contemporains de ceux de Pho-Bing-Gia. Bien que leur état de conservation laisse à désirer, ils offrent, cependant, les caractères squelettiques essentiels des Papouas actuels. Ainsi — autant qu'on puisse en juger par les quelques documents recueillis en Indochine — la population comprenait, dès cette époque, des éléments divers. Peut-être comptait-elle déjà des représentants de l'élément négrito, car un crâne provenant d'une couche néolithique — plus récente, il est vrai — de la caverne de Minh Cam, dans l'Annam, a montré au capitaine Patte de frappantes ressemblances avec ceux des Négritos les plus caractérisés.

Ces découvertes de M. Mansuy offrent un puissant intérêt. Elles paraissent indiquer que l'évolution industrielle n'a pas suivi la même marche en Extrême-Orient qu'en Europe. A une industrie paléolithique

d'aspect tout à fait primitif, nous voyons succéder, sans passer par des intermédiaires, une industrie néolithique, fort rudimentaire incontestablement, mais qui montre néanmoins que les Préhistoriques indochinois avaient découvert de très bonne heure le moyen d'affiler le tranchant de leurs outils.

La faune ne permet pas de faire remonter au Quaternaire les plus anciens gisements du Tonkin actuellement connus. Seule, l'industrie nous indique que nous approchons du Paléolithique pur et fait présager qu'on rencontrera en Indochine les traces de cet Homme fossile de l'Extrême-Orient qui a laissé, en Chine, les preuves de son existence, récemment trouvées dans la grande boucle du fleuve Jaune.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la dégénérescence des Lins à fibres.* Note [1] de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Daniel Berthelot.

L'étude de cultures parallèles, en terrain couvert et en terrain éclairé, de 8 lots de Lins indigènes et de 3 lots de Lins de tonne importés de Riga, m'a permis d'analyser la complexité de la dégénérescence de ces derniers, bien connue des agriculteurs.

Les semences de Lin récoltées à Riga (*Lins de tonne*) donnent des plantes de haute taille, à grappes florales peu ramifiées, peu fertiles, mais à fibres abondantes et fines. Autrefois, les *graines après tonne* (F_1) récoltées dans le nord de la France étaient recherchées par les cultivateurs du Maine-et-Loire et y donnaient des fibres courtes, mais très nerveuses, produisant d'excellents fils de chaîne. La culture répétée en France accentue les altérations qui deviennent des tares, d'où la notion de dégénérescence des Lins à fibres.

Cette dégénérescence est complexe. Elle affecte des caractères fluctuants, la longueur de tiges, les nombres de ramifications de tête et la productivité en graines, qui sont des variations réversibles ; j'ai constaté que ces altérations sont surtout dues à l'excès d'éclairement subi par les jeunes plantes au début de leur croissance. La densité des semis entraîne, d'autre part, la mort prématurée ou l'avortement des grappes florales de certains constituants des Sortes russes, toujours impures, et par là, la dégénérescence est accompagnée de changements dans la constitution génétique des lots,

(1) Séance du 11 août 1924.

altérations irréversibles qui ont pu faire croire à l'acquisition et à la transmission de certains caractères morphologiques sous l'action du climat. La culture de lignées pures choisies montre qu'il n'en est rien.

I. Mes études sur la fluctuation des caractères ont porté d'abord sur *les longueurs des tiges* mesurées du collet à la base du premier fruit. En terrain couvert, puis en terrain éclairé, j'ai obtenu, pour des Lins indigènes acclimatés depuis plusieurs années et pour des Lins de tonne, les suites :

Longueurs en centimètres...	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
I. *Lins indigènes couverts*...				1	16	56	89	111	97	29	15	1
II. *Lins indigènes éclairés*...		5	15	39	114	104	70	36	25	1		
III. *Lins de tonne couverts*...						8	16	24	33	37	19	7
IV. *Lins de tonne éclairés*....			4	9	24	25	25	23	16	8	2	

La suite I reproduit presque exactement la suite des coefficients de $(a+b)^9$ et représente un phénomène de croissance parfaitement équilibré ; la *longueur moyenne* est 72cm5 ; les Lins indigènes éclairés II donnent une suite asymétrique avec longueur moyenne 60cm; les Lins de tonne couverts offrent une déviation en sens inverse avec moyenne 80cm ; enfin, les Lins de tonne éclairés donnent une suite fortement étalée avec moyenne 62cm,5. *L'altération de la longueur des tiges est immédiate et presque complète*, en terrain éclairé, c'est-à-dire *dans les conditions ordinaires de la culture du lin en France.*

La *longueur des pédoncules* des premiers fruits est un élément, formé tard en saison, de la longueur des tiges. Les mesures de cet élément sur le même matériel donnent :

Longueurs en millimètres.................	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90
I. *Lins indigènes couverts*..........		1	29	150	146	61	25	3		
II. *Lins indigènes éclairés*......			27	134	163	65	14	6		
III. *Lins de tonne couverts*...........			4	25	37	53	17	7	0	1
VI. *Lins de tonne éclairés*............			11	39	44	32	8	2		

Elles montrent que l'éclairement les modifie peu ou pas du tout. Ainsi, *la sensibilité des Lins de tonne à l'éclairement n'est accusée que dans la période de croissance antérieure à la formaiion des fleurs.*

II. Les Lins russes et leurs dérivés indigènes cultivés pour la fibre sont des mélanges hétérogènes de plantes à fruits dont les septa sont ciliés et de plantes à septa lisses; ce couple de caractères est mendélien (¹), indépendant des fluctuations de la croissance dues au climat. Toutefois, les pourcentages de plantes à septa ciliés sont toujours plus considérables dans les Lins indi-

(¹) L. Blaringhem, *Recherches sur les hybrides du Lin* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 329).

génes (dans mes épreuves 7,5 pour 100) que dans les Lins de tonne (4,65 pour 100). J'attribue ce fait à une meilleure adaptation, au début de la croissance, des Lins à septa ciliés à l'éclairement plus intense sous notre climat et, en fait, le choix de pédigrées par les industriels non prévenus fournit trois fois plus de plantes à septa ciliés qu'on ne devrait théoriquement en isoler.

Or l'examen du Lin sauvage (*Linum angustifolium* L.), ancêtre non contesté du Lin cultivé, qui se croise avec lui, ne présente que des plantes à septa ciliés, du moins pour les échantillons récoltés en France, en Espagne, aux Canaries, en Tunisie, en Toscane, en Thessalie (Herbier L. Giraudias); on ne trouve pas cette espèce dans le nord de l'Europe.

J'en conclus que, *pour atténuer les effets persistants de la dégénérescence des Lins russes en France, il faut préparer des lignées pures contrôlées régulièrement au point de vue génétique*, selon la méthode que j'ai décrite en 1921 (¹) par exemple, *et les cultiver en terrains peu éclairés.*

CYTOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la formation des plastes chez les végétaux*. Note (²) de M. L. **Emberger**, transmise par M. Flahault.

On sait que les plastes dérivent de chondriosomes. Selon Meves, *tous* les chondriosomes d'une cellule se transforment en plastes. Nous avons montré avec Guilliermond et Mangenot que seul *un certain nombre* de chondriosomes ont cette propriété, d'où notre conclusion qu'il existe chez les végétaux verts deux lignées de chondriosomes : futurs plastes et chondriosomes ne devenant jamais des plastes (mitochondries inactives (³).

Le but de cette Note est de préciser la part qui revient à chacune de ces lignées.

Nous avons examiné la racine de Ficaire, la feuille de Scolopendre, les écailles bulbaires de Lis blanc, la tige de *Pellionia Daveauana*.

Nous avons pratiqué l'observation vitale et les techniques spécifiques employées dans les études cytologiques de cet ordre.

Dans la *très jeune* racine de Ficaire nous avons vu que les cellules du point végétatif renferment un chondriome formé d'éléments ayant tous

(¹) *Sur le pollen du Lin et de la dégénérescence des variétés cultivées pour la fibre* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1603).

(²) Séance du 21 juillet 1924.

(³) Le terme inactif veut dire simplement ne devenant pas plaste.

apparemment la même valeur biologique (*fig.* 1). L'amidon se condense très rapidement dans les cellules; à peu de distance du point végétatif on peut voir les grains d'amidon se former. Les chondriosomes granuleux seuls

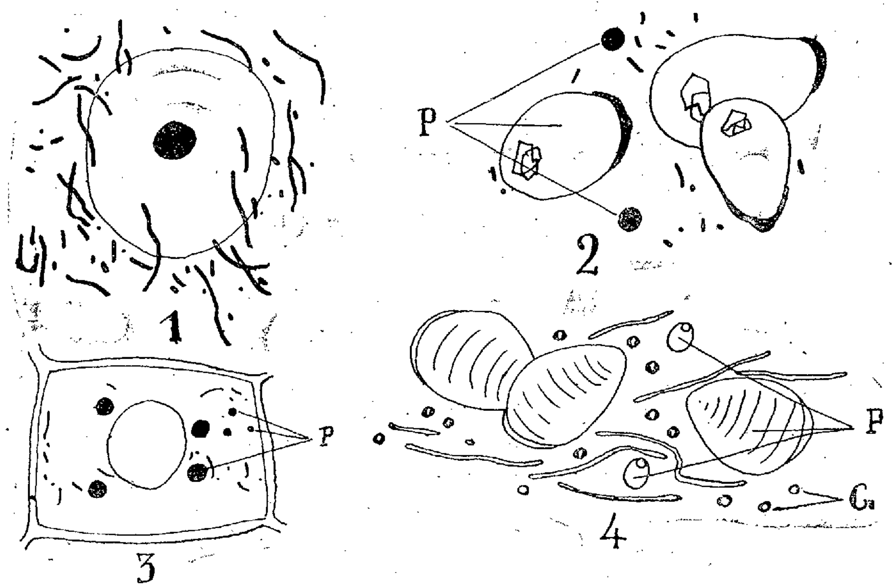


Fig. 1. — Chondriome de la cellule apicale de la racine de Ficaire 1/12ᵉ + 25 Oc. péripl.

Fig. 2. — Plastes (P) de l'écorce de racine de Ficaire et autres chondriosomes.

Fig. 3. — Cellule de la coiffe (P) plastes à différents états de leur développement.

Fig. 4. — Éléments du cytoplasme de l'écaille de Lis : amyloplastes (P) à différents âges et chondriosomes très allongés représentant la deuxième lignée. Gr. graisse. Cellule vivante.

(Figures 2, 3, 4 vues avec obj. Zeiss 1/12ᵉ + Oc. comp. 6.)

interviennent dans l'amylogénèse. L'examen de cellules contenant déjà de gros grains d'amidon montre, à côté de ces gros grains, des chondriosomes granuleux qui commencent seulement l'amylogénèse (*fig.* 2, 3). Tous les chondriosomes destinés à devenir des plastes ne se développent donc pas en même temps. Leur différenciation s'échelonne dans le temps. Nous avons vu les mêmes choses chez *Scolopendrium*, *Lilium candidum* et *Pellionia Daveauana*. Dans le Haricot et le Pois cet échelonnement atteint sa limite extrême : un certain nombre de chondriosomes-plastes ne se différencient qu'au moment de la germination (Guilliermond, Li Koue Tschang, Maige).

Or nous venons de voir que dans le point végétatif tous ces éléments du chondriome semblent identiques. La répartition entre futurs plastes et autres chondriosomes ne peut être faite. Au début de l'amylogénèse la

distinction est facile à faire, mais nos observations montrent qu'il convient d'être très prudent puisque tous les futurs plastes ne sont pas synchroniques. Pour faire la part exacte des deux lignées de chondriosomes il faut observer des états adultes ou des cellules parfaitement évoluées. Le Pois et le Haricot montrent que, même dans ce dernier cas, des difficultés peuvent surgir.

Il ne nous paraît donc pas douteux qu'il est très facile de commettre l'erreur d'attribuer à la lignée « inactive » des éléments parfaitement actifs, mais à développement plus tardif, surtout si les deux lignées se présentent avec les mêmes formes.

Dès lors on peut se demander si *tous* les chondriosomes ne représentent pas de futurs plastes comme le pense Meves. Nos observations, tout particulièrement celles sur la racine de Ficaire et le bulbe de Lis, montrent que l'amylogénèse peut être liée à une forme spéciale de chondriosomes. Ici les grains *seuls* président à l'amylogénèse, *jamais* les chondriocontes (1); aucun doute n'est donc possible sur l'existence de ces deux lignées. Dans nos exemples précités les grains représentent des plastes *se différenciant suivant les besoins de la cellule* et les chondriocontes les chondriosomes de la deuxième lignée.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les propriétés de l'anatoxine diphtérique.* Note (2) de M. G. RAMON, présentée par M. Roux.

Les expériences dont nous avons apporté ici les premiers résultats (3) ont mis en évidence les propriétés immunisantes et hyperimmunisante de l'anatoxine diphtérique. Les essais faits en médecine humaine [Darré, Loiseau et Laffaille, Roubinovitch, Zoeller, Lereboullet et Joannon (4)] ont confirmé les résultats obtenus chez les animaux.

En vue de l'utilisation de l'anatoxine pour l'immunisation et l'hyperimmunisation des animaux et surtout pour la prévention de la diphtérie chez

---

(1) Au cours de l'évolution de la racine de Ficaire les graines s'allongent et deviennent plus ou moins filiformes. L'amidon semble alors provenir de chondriocontes; ces chondriocontes représentent des formes adultes du grain.

(2) Séance du 11 août 1924.

(3) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1338.

(4) *Bulletin Soc. méd. des Hôpitaux*, t. 48, nos 16-17-18, et séance du 11 juillet 1924.

l'homme, il était indiqué de rechercher les modifications subies par l'anatoxine lorsqu'elle est placée dans des conditions diverses ou soumise à des influences variées.

Si l'on conserve à la température de la glacière (3 ou 4° au-dessus de o) une provision d'anatoxine, et si l'on dose périodiquement son pouvoir floculant qui, comme nous l'avons montré, peut servir de mesure au pouvoir antigène, on constate qu'il reste constant pendant très longtemps. Après un an, il n'a pas sensiblement varié : la quantité d'antitoxine exigée par l'anatoxine pour floculer reste la même, la floculation apparaît seulement plus lentement. Il en est de même si l'anatoxine est gardée non plus à la glacière, mais à la température du laboratoire (+20°) : seul, le retard dans la vitesse d'apparition de la floculation est un peu plus considérable. Cette stabilité du pouvoir antigène a pu être vérifiée *in vivo*. En effet, en hyperimmunisant plusieurs séries de chevaux, nous avons pu nous rendre compte que la production d'antitoxine était sensiblement équivalente [1], que l'anatoxine employée ait quelques jours, ou plusieurs mois, ou même une année de préparation. D'autre part, chez l'homme, Lereboullet et Joannon, avec une anatoxine que nous avions préparée depuis plus de six mois et qui avait été conservée soit à la glacière, soit au laboratoire, n'ont pas obtenu de résultats inférieurs à ceux de Darré, Loiseau et Laffaille par exemple, qui ont utilisé la même anatoxine, mais quelques semaines seulement après sa préparation.

Ajoutons que, dans aucun cas, les anatoxines diphtériques conservées ainsi, depuis plus d'un an, n'ont récupéré la moindre toxicité.

On sait qu'une toxine diphtérique, chauffée 1 heure à 65-70°, a perdu presque toute sa toxicité, qu'elle ne flocule plus en présence d'antitoxine, qu'elle ne la sature plus et qu'enfin, injectée à un organisme vivant, elle ne peut instaurer en lui qu'un « fondement d'immunité » selon l'expression d'Ehrlich, mais ne peut provoquer la formation de quantités notables d'antitoxine. Or, une anatoxine peut être chauffée à 65° et même à 70°; elle conserve son pouvoir floculant vis-à-vis de l'antitoxine, mais l'apparition de la floculation est plus ou moins retardée; elle est encore capable de saturer l'antitoxine comme on peut s'en rendre compte *in vivo* par l'expérimentation chez le cobaye; enfin, cette anatoxine chauffée peut engendrer la production d'antitoxine au même titre qu'une anatoxine non chauffée. C'est ainsi que nous avons pu immuniser comparativement deux séries de chevaux, l'une avec une anatoxine non chauffée, l'autre avec la

(1) Compte tenu des différences individuelles entre les animaux.

même anatoxine chauffée entre 65 et 70° pendant 1 heure : la moyenne des unités antitoxiques obtenue était sensiblement la même dans les deux séries. Ce n'est qu'à partir de 72 ou 75° que l'anatoxine commence à être atteinte dans les propriétés que nous envisageons ici.

Cette résistance au chauffage est importante pour la pratique puisqu'elle permet la tyndallisation de l'anatoxine.

La toxine diphtérique, pour se transformer en anatoxine, subit des modifications plus ou moins profondes qui se manifestent par la perte de toxicité avec conservation du pouvoir antigène, et par l'acquisition de la résistance à la chaleur [1]. Ces caractères différencient nettement l'anatoxine de la

---

[1] On peut chercher à se rendre compte de la marche du phénomène de transformation de la toxine en anatoxine. Pour cela, prenons de la toxine diphtérique contenant par exemple 800 doses mortelles (pour le cobaye) au centicube, et dont 1 centicube flocule en présence de 10 unités antitoxiques; après l'avoir additionnée de formol (3^{cm^3},5 pour 1000), plaçons-la à l'étuve à 38-40°. Chaque jour prélevons deux échantillons, l'un servira aux dosages du pouvoir toxique (chez le cobaye) et du pouvoir floculant (*in vitro*) avant chauffage, l'autre sera utilisé pour la recherche du pouvoir floculant après chauffage d'une heure à 65°. On constate que le pouvoir toxique diminue de jour en jour : au bout de 24 heures il est tombé de 800 à 50 doses mortelles, après 3 jours à 10 doses mortelles, après 10 jours à 1 dose mortelle, après 20 jours il faut 4^{cm^3} pour tuer un cobaye, et enfin, après 1 mois, le pouvoir toxique n'est plus appréciable : à ce moment on se trouve en présence non plus de toxine, mais d'anatoxine. Durant cette période le pouvoir floculant (avant chauffage) n'a pas changé; le trentième jour de séjour à l'étuve 1^{cm^3} d'anatoxine exige pour floculer 10 unités antitoxiques comme la toxine origine; seule l'apparition de la floculation est retardée. Par contre, le pouvoir floculant, après chauffage, subit des fluctuations variées. Pendant les premiers jours, il ne peut être mis en évidence; l'échantillon prélevé se comporte en somme, après chauffage, comme un échantillon de toxine qui chauffée à 65° ne flocule plus. Le quatrième jour le pouvoir floculant réapparaît, mais au lieu de 10 unités il faut seulement 5 unités pour provoquer la floculation qui ne se montre qu'avec un retard considérable, plus de 24 heures. Les jours suivants, l'échantillon chauffé flocule en présence de quantités d'antitoxine qui vont en augmentant, le temps de floculation diminue de plus en plus, et finalement le trentième jour, lorsque tout pouvoir toxique a disparu, lorsque la toxine est complètement transformée en anatoxine, cette anatoxine chauffée à 65° se comporte comme l'échantillon non chauffé, elle flocule en présence de 10 unités antitoxiques avec seulement un très léger retard. Ajoutons que nous nous sommes rendu compte que le formol, qui les premiers jours pourrait se trouver en liberté et agir lors du chauffage pour entraver la réaction de floculation ou pour la dérégler, n'était pas en jeu. De plus, en chauffant des mélanges en proportions variables d'anatoxine et de toxine, nous avons pu reconstituer les modalités de floculation de la toxine en voie de transformation, que nous venons de décrire.

toxine et aussi des « toxines riches en toxoïdes »; ils justifient amplement le nom nouveau que nous lui avons donné.

THÉRAPEUTIQUE. — *Influence du radical « cinnamique » sur la stimulation des organes hématopoïétiques*. Note (¹) de MM. **Simionesco** et **André Lancien**, transmise par M. Ch. Richet.

Depuis 1880, le radical cinnamique est entré en thérapeutique et a été employé pour le traitement général des états bacillaires et anémiques. Le baume du Pérou, l'acide cinnamique, les composés métalliques de cet acide (simples et complexes) ont été successivement employés par divers auteurs. Les doses médicamenteuses injectées par ces derniers ont été extrêmement variables puisqu'elles allaient de quelques milligrammes à 20^{cg} de corps actif par injection.

Nous avons pu étudier l'action thérapeutique d'un dérivé complexe de l'acide cinnamique : $C^8H^7.COO.C^2H^5$, $C^6H^{12}N^4$, qui peut s'injecter très facilement dans les muscles, n'est ni toxique ni douloureux et se résorbe très bien. La solution injectée est aqueuse, isotonique et son activité thérapeutique est constante. La quantité injectée tous les deux jours est de 1^{cg} de produit actif (élimination par les reins et les voies respiratoires, aucune accumulation dans l'organisme constatée après des mois de traitement).

Dans les formes fébriles et dans des cas de néphrite, nous avons obtenu de bons résultats et, chaque fois, on a pu enregistrer les modifications suivantes dans l'état du malade :

Modifications générales. — Augmentation de poids, plus de sueurs profuses, diminution de l'hyperthermie et de l'oppression, amélioration des signes stéthoscopiques, reprise du travail.

Modifications profondes. — Plus de 500 malades ont été étudiés avant, pendant et après le traitement au point de vue de leur formule leucocytaire, de leur taux d'hémoglobine, de l'augmentation des anticorps et de la modification, au microscope, du bacille de Koch.

Dans tous les cas, et simultanément, les hématies ont augmenté d'au moins 50 pour 100, le taux d'hémoglobine de 20 pour 100, les anticorps

(¹) Séance du 11 août 1924.

ont triplé, les bacilles se sont agglutinés, puis morcelés, et on a pu assister, à l'ultra-microscope, à leur digestion cellulaire.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 4 août 1924.)

Note de MM. *Ch. Dhéré*, *A. Schneider* et *Th. Van der Bom*, Détermination photographique des spectres de fluorescence de l'hématoporphyrine dans divers solvants :

Page 351, ligne 3 en remontant, *au lieu de* $\frac{1}{000}$, *lire* $\frac{1}{50000}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LE DEUXIÈME TRIMESTRE 1924 QUI N'ONT PAS ÉTÉ MENTIONNÉES SUR LA LISTE DU PREMIER TRIMESTRE.

Academia romana : Anale. Bucuresti.
— *Din vieta poporului romax.* Bucuresti.
— *Discursuri de receptiune.* Bucuresti.
— *Memoriile sectiunii stiintifice.* Bucuresti.
— *Publicatiunile fondului Adamachi.* Bucuresti.
— *Studii si cercetari.* Bucuresti.

Académie de Marine. (*Communications et Mémoires*). Paris.
Académie (*L'*) *roumaine en* .... Bucarest.
Acta scholæ medicinalis universitatis imperialis in Kioto. Kioto.
Actes de la Société linnéenne de Bordeaux. Bordeaux.
Aichi journal of experimental Medicine. Nagoja.
Akademie der Wissenschaften in Wien (*Almanach*). Wien.
American geographical Society (*Research series*). New-York.
Anales del Instituto y observatorio de marina. San Fernando.
Annalen der Schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt. Zurich.
Annales de l'Institut de pathologie et de bactériologie de Bucarest. Bucarest.
Annales de l'Institut océanographique. Paris.
Annales de la Faculté des sciences de l'Université de Toulouse. Toulouse.
Annales de la Société d'Agriculture... du département de la Loire. Saint-Étienne.
Annales de la Société géologique de Belgique. Liége.
Annales de la Société scientifique de Bruxelles. Bruxelles.
Annales de Physique. Paris.
Annuaire de l'Institut de physique du globe. Strasbourg.
Annuaire du Bureau des Longitudes. Paris.
Annuaire du Collège de France. Paris.
Annual report of the astronomer-royal for Scotland. Edimburgh.
Annual report of the director of the Mount Wilson Observatory. Washington.
Annual report of the director of the U. S. geological Survey. Washington.
Anuari estadistico de la Republica oriental del Uruguay. Montevideo.
Arbeiten aus dem anatomischen Institut. Sendaï.
Archives de l'Institut Pasteur de Tunis. Tunis.
Archives de Morphologie générale et expérimentale. Paris.
Archives de Zoologie expérimentale et générale. Paris.
Archives des Sciences physiques et naturelles. Genève.
Archives of Dermatology and Syphilology. Chicago.
Archivos do Jardin botanico do Rio de Janiero. Rio de Janeiro.
Arquivos da Universidade de Lisboa. Lisboa.
Association amicale de secours des anciens élèves de l'École Normale supérieure. Paris.
Association française pour l'avancement des Sciences (*Bulletin*). Paris.
Association française pour l'avancement des Sciences (*Compte rendu*). Paris.
Atti del reale Istituto veneto. Venezia.
Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science. Adelaida.

Beitraege zur Geologie der Schweiz. Bern.
Beitraege zur geologischen Karte der Schweiz. Bern.
Bibliographie des sciences géologiques. Paris.
Bibliothèque du cancer. Paris.
Bijdragen tob de Saal-land-en volkenkunde van Nederlandsch-Indie. S'Gravenhage.
Birmingham and Midland Institute scientific Society. Birmingham.

Boletim hebdomederio de estadistica demographo-sanitaria. Sao-Paulo.
Boletin comercial e industrial. Caracas.
Boletin de la Real Sociedad geografica. Madrid.
Boletin del departemento de la estadistica nacional. Mexico.
Boletin del Observatorio nacional. Habana.
Boletin mensual del Observatorio del Ebro. Tortosa.
Bulletin astronomique. Paris.
Bulletin de l'Académie malgache. Tananarive.
Bulletin de l'Institut catholique de Paris. Paris.
Bulletin de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale. Paris.
Bulletin de la Société d'émulation du Bourbonnais. Moulins.
Bulletin de la Société de chimie industrielle. Paris.
Bulletin de la Société des lettres, sciences et arts de la Corrèze. Tulle.
Bulletin de la Société française d'histoire de la médecine. Paris.
Bulletin de la Société géologique de France. Paris.
Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Mulhouse.
Bulletin de la Société nationale d'acclimatation de France. Paris.
Bulletin de la Société philomatique de Paris. Paris.
Bulletin de la Société physico-mathématique de Kazan. Kazan.
Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Lausanne.
Bulletin des Services de la Carte géologique de la France. Paris.
Bulletin du Jardin botanique. Buitenzorg.
Bulletin du Comité d'études historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française. Gorée.
Bulletin du Ministère du Travail. Paris.
Bulletin du Muséum d'histoire naturelle. Paris.
Bulletin du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine. Strasbourg.
Bulletin du Service technique de l'Aéronautique. Paris.
Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique de l'Université d'Upsala. Upsala.
Bulletin mensuel de l'Office permanent de statistique. La Haye.
Bulletin mensuel de l'Office national météorologique de France. Paris.
Bulletin of the Calcutta Mathematical Society. Calcutta.
Bulletin of the Geological Survey of China. Péking.
Bulletin of the State College of Washington. Washington.
Bulletin of the Terrestrial Electric Observatory. Palo Alto.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AOUT 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse totale de Lune du 14 août 1924, faite à l'Observatoire de Paris.* Note (1) de MM. **Bigourdan** et **Giacobini.**

Une éclaircie d'environ une heure nous a permis de voir cette éclipse, pendant la totalité. Ce qui nous a surtout frappés c'est l'éclat que la Lune a conservé pendant qu'elle était entièrement plongée dans le cône d'ombre de la Terre : on eût pu croire qu'on l'apercevait à travers un brouillard, qui même n'aurait pas été très épais. Vers le centre on a, quelque temps, aperçu une région plus sombre.

NAVIGATION. — *Manœuvres de sécurité, contre les risques d'abordages de deux escadres, en lignes de file, ayant à croiser leurs routes dans la brume.* Note (2) de M. **F.-E. Fournier.**

1. J'ai montré, dans une Note précédente (3), quelle manœuvre de sécurité l'un des deux navires à vapeur ayant à croiser leurs routes dans la brume, aurait à effectuer s'il évoluait seul, de manière à laisser à l'autre toute liberté de conserver sa route vers sa destination, aussitôt après l'échange de leur signal commun de reconnaissance actuel.

Mais cette solution spéciale ne saurait être généralisée, car elle deviendrait

---

(1) Séance du 16 août 1924.

(2) Séance du 18 juillet 1924.

(3) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 313.

inapplicable, notamment si les deux bâtiments, au lieu de naviguer isolément, étaient les navires de tête de deux escadres en *formation de brume* ; c'est-à-dire ayant, chacune, tous ses bâtiments échelonnés en une seule file derrière son guide, les entraînant à sa suite, par les moyens habituels, de l'un à l'autre, dans ses évolutions de contre-marche, les seules utilisables en temps de brume.

2. Dans ce cas, le plus complexe, les manœuvres de sécurité qu'auraient à effectuer les deux bâtiments-guides de deux files d'escadres ayant à croiser leurs routes dans la brume, aussitôt après avoir échangé leurs signaux de reconnaissance, seraient les suivantes :

I. Celui des deux bâtiments-guides, A, par exemple, dont la route serait inclinée de l'angle aigu α, *sur la droite* de la direction initiale où il a entendu le signal de reconnaissance de l'autre bâtiment-guide, B, par exemple, devrait infléchir cette route primitive, de 90°, *toujours sur sa droite*, avec son rayon *de giration minimum* et y revenir immédiatement après, par une évolution semblable, de 90°, mais dans l'autre sens, pour la suivre alors définitivement vers sa destination.

3. Quant à l'autre bâtiment-guide, B, celui dont la route est inclinée de l'angle aigu β *sur la gauche* de la direction B_0A_0, où il a entendu le signal de reconnaissance de A, il devrait aussitôt infléchir brusquement sa route, avec son rayon de giration *minimum*, *toujours sur sa droite* : de 90° si $\beta \leqq 45°$, ou de 90° $\left(\frac{\beta}{45}\right)$ si $\beta \geqq 45°$, et conserver ensuite le nouveau cap où il serait conduit par cette première évolution, jusqu'au point b_1 où il commencerait à entendre le sifflet à vapeur du *navire de queue* A_1 de l'autre file d'escadre dirigée par le navire A.

Alors, selon que cette direction b_1A_1, ainsi observée, s'écarterait : *au-dessus* ou *au-dessous* de la parallèle b_1A_0' à la distance initiale B_0A_0, ce navire B devrait suivre cette parallèle b_1A_0', ou, au contraire, la direction b_1A_1, jusqu'au point de l'une ou l'autre de ces deux routes, où il entendrait le sifflet à vapeur de A_1, *sur son travers*, dont les émissions se distingueraient par des coups précipités y faisant suite.

C'est à ce point seulement qu'il pourrait reprendre *définitivement*, par sa dernière évolution, nécessaire et suffisante, son cap primitif vers sa destination, sans risquer d'y couper la file de l'escadre guidée par A.

II. 4. Les mêmes considérations me conduisent à proposer, comme manœuvres de sécurité contre les risques d'abordages de deux navires à vapeur naviguant isolément, lorsqu'ils ont à croiser leurs routes dans la

brume, dans le cas général où ils devraient y prendre part, l'un et l'autre, celles dont l'exposé est l'objet de ce dernier paragraphe.

Celui des deux bâtiments isolés, A, par exemple, dont la route serait inclinée de l'angle aigu α, sur *la droite* de la direction initiale où il a entendu le signal de reconnaissance de l'autre, B, par exemple, devrait infléchir cette route primitive de 90°, *toujours sur sa droite*, avec son rayon de giration *minimum*, et y revenir, immédiatement après, par une évolution semblable, de 90°, mais dans l'autre sens, pour la suivre alors définitivement vers sa destination.

5. Quant à l'autre bâtiment, B, c'est-à-dire celui dont la route est inclinée de l'angle aigu β, *sur la gauche* de la direction où il a entendu le signal de reconnaissance de A, devrait infléchir cette route, *toujours sur sa droite* : de 90° si $\beta \leqq 45°$, ou de $90° \left(\frac{\beta}{45}\right)$ si $\beta \geqq 45°$, avec son rayon de giration minimum ; et aussitôt après, dans l'autre sens : de $(90° - \beta)$, si $\beta \leqq 45°$, ou de $\left[90° \left(\frac{\beta}{45}\right) - \beta\right]$ si $\beta \geqq 45°$; B serait ainsi conduit à un nouveau cap qu'il suivrait jusqu'à l'instant où il entendrait le sifflet à vapeur de A, *sur son travers*.

C'est alors seulement qu'il pourrait revenir définitivement, en toute sécurité, à sa direction primitive par cette dernière évolution.

Telles sont les solutions précises des importants problèmes intéressant au plus haut point la sécurité de la navigation, en prévision du développement de plus en plus considérable qu'elle est appelée à prendre sur toutes les mers où se dérouleront désormais les luttes pacifiques mais ardentes d'une concurrence effrénée dans le transport des matières premières, et le commerce maritime.

III. *Manœuvres de sécurité* qu'un navire à vapeur naviguant isolément, A, par exemple, et une *escadre en formation de brume*, auraient à effectuer, aussitôt après l'échange des signaux de reconnaissance entre A et le bâtiment de tête, B, de la file des bâtiments de cette escadre pour éviter tout risque d'abordage dans l'ensemble de ces navires, pendant le croisement, dans la brume, de leurs routes convergentes.

Selon que la route de A serait inclinée, de l'angle aigu, quelconque, α, *sur la droite*, ou *sur la gauche* de la direction initiale A_0B_0 où ce bâtiment aurait entendu le signal de reconnaissance de B et, *qu'en conséquence*, la route de B serait, au contraire, inclinée de l'angle aigu quelconque, β, *sur la gauche*, ou *sur la droite* de la direction initiale B_0A_0 où le bâtiment aurait entendu le signal de reconnaissance de A : A et B devraient effectuer, dans

le premier cas, les manœuvres de sécurité de la première règle, comme s'ils naviguaient, *tous les deux*, isolément; ou, dans le second cas, les manœuvres de sécurité de la deuxième règle, comme si *tous deux* étaient guides des files de navires de deux escadres en formation de brume.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui occuperont dans le conseil de perfectionnement de l'École polytechnique les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. *H. Deslandres* et *H. Le Chatelier*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Sophus Lie *gesammelte Abhandlungen*. Fünfter Band. *Abhandlungen über die Theorie der Transformationsgruppen*. Erste Abteilung herausgegeben von Friedrich Engel. (Hommage de l'Association mathématique de Norvège.)

2° André Lamouche. *La méthode générale des sciences pures et appliquées.*

3° William G. Atwood and A. A. Johnson. *Marine structures their deterioration and preservation.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des équations algébriques.* Note (¹) de M. **Giuseppe Belardinelli**, transmise par M. Goursat.

La Note récente (²) de M. Birkeland me donne l'occasion de signaler ici à l'attention des géomètres quelques résultats obtenus par M. Capelli (³) et par moi (⁴), résultats qui ont été publiés antérieurement aux Notes de M. Birkeland, et qui ont eu pour but l'étude des coefficients du développe-

---

(¹) Séance du 4 août 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 23.
(³) *Rend. Accad. di Napoli*, vol. 13, 1907, p. 192, 289, 342.
(⁴) *Annali di Matematica*, t. 29, 1920, p. 251.

ment des racines d'une équation algébrique générale suivant les puissances des coefficients de l'équation.

Considérons l'équation algébrique générale

$$(1)\qquad \theta(y) = a_n y^n + a_{n-1} y^{n-1} + \ldots + a_1 y + a_0 = 0,$$

et donnons des accroissements $p_0, p_1, \ldots, p_{n-1}, p_n$, respectivement aux coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_{n-1}, a_n$, on obtient alors l'équation

$$(2)\qquad f(y) = (a_n + p_n) y^n + (a_{n-1} + p_{n-1}) y^{n-1} + \ldots + (a_1 + p_1) y + a_0 + p_0 = 0.$$

Si ω_0 est une racine simple et finie de (1), l'équation (2) détermine la branche de fonction (analytique monodrome) des $p_0, p_1, \ldots, p_{n-1}, p_n$ qui pour $p_0 = p_1 = p_2 = \ldots = p_{n-1} = p_n = 0$ prend la valeur ω_0; on aura donc

$$(3)\qquad y = \Sigma A_{\alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n} p_0^{\alpha_0} p_1^{\alpha_1} \ldots p_n^{\alpha_n},$$

où la sommation est étendue aux valeurs des $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_n$ entières positives ou nulles. Or le but de mes travaux a été d'étudier les coefficients $A_{\alpha_0 \alpha_1 \ldots \alpha_n}$.

Je résumerai ici les résultats les plus intéressants obtenus par M. Capelli et par moi :

1° Les coefficients $A_{\alpha_0 \alpha_1 \ldots \alpha_n}$ ont la forme

$$(4)\qquad A_{\alpha_0 \alpha_1 \ldots \alpha_n} = \frac{(\alpha - 1)!}{\alpha_0! \, \alpha_1! \ldots \alpha_n!} \frac{1}{2\pi i} \int_C y^\beta [\theta(y)]^{-\alpha} \, dy,$$

où l'intégrale est étendue à un petit cercle qui entoure la racine ω_0 et cette racine seulement, et où

$$\beta = \alpha_1 + 2\alpha_2 + \ldots + n\alpha_n, \qquad \alpha = \alpha_0 + \alpha_1 + \ldots + \alpha_n.$$

2° Les coefficients $A_{\alpha_0 \alpha_1 \ldots \alpha_n}$ sont des fonctions hypergéométriques de Pochhammer d'ordre n; c'est-à-dire ils vérifient une équation différentielle hypergéométrique d'ordre n particulière, étudiée par M. Pochhammer.

3° Pour $\theta(y) = a_n y^n + a_0$, la série (3) prend la forme

$$(5)\qquad y = \omega_0 + \frac{1}{n} \sum_{\alpha > 0} \frac{\alpha! \, \omega_0^{\beta+1}}{\alpha_1! \, \alpha_2! \ldots \alpha_n! \, \alpha \, a_0^\alpha} \binom{\frac{\beta+1}{n} - 1}{\alpha - 1} p_0^{\alpha_0} \ldots p_n^{\alpha_n}.$$

M. Birkeland a trouvé que les racines d'une équation algébrique peuvent

être représentées par la somme de fonctions hypergéométriques supérieures à plusieurs variables.

Or ce résultat peut être déduit immédiatement de la formule (5) qui a été démontrée par M. Capelli.

En effet, soit l'équation générale

$$f(y) = (1 + p_n) y^n + p_{n-1} y^{n-1} + \ldots + p_0 + 1 = 0,$$

où $\theta(y) = y^n - 1$; nous pouvons écrire la même série (5) sous la forme suivante :

$$y = \omega_0 + \sum_{r_0 r_1 \ldots r_n} \omega_0^{s+1} p_0^{r_0} p_1^{r_1} \ldots p_n^{r_n} \sum_{m_0 m_1 \ldots m_n} \frac{\alpha!}{n\alpha_0!\,\alpha_1!\ldots\alpha_n!} \binom{\frac{\beta+1}{n} - 1}{\alpha - 1} \xi_0^{m_0} \xi_1^{m_1} \ldots \xi_n^{m_n};$$

en posant

$$\alpha_s = m_s n + r_s, \quad \xi_s = p_s^n, \quad s = r_1 + 2r_2 + \ldots + n r_n,$$

où la première sommation est étendue à toutes les valeurs $r_i = 0, 1, \ldots, n$ et $i = 0, 1, 2, \ldots, n$, et la seconde à toutes les valeurs $m_0, m_1, \ldots, m_n$ entières, positives ou nulles.

Et en posant

$$\sum_{m_0, m_1, \ldots, m_n} \frac{\alpha!}{n\alpha_0!\,\alpha_1!\ldots\alpha_n!\,\alpha} \binom{\frac{\beta+1}{n} - 1}{\alpha - 1} \xi_0^{m_0} \ldots \xi_0^{m_n}$$
$$= \sum_{m_0, m_1, \ldots, m_n} C_{m_0, m_1, \ldots, m_n} \xi_0^{m_0} \ldots \xi_n^{m_n} = \psi_{m_0, m_1, \ldots, m_n},$$

on aura

$$y = \omega_0 + \sum_{r_0, r_1, \ldots, r_n} \omega_0^{s+1} p_0^{r_0} p_1^{r_1} \ldots p_n^{r_n} \psi_{m_0, m_1, \ldots, m_n},$$

et l'on déduit que

$$\frac{C_{m_0, m_1, \ldots, m_{p+1}, \ldots, m_n}}{C_{m_0, m_1, \ldots, m_p, \ldots, m_n}} = \frac{\prod_{k=0}^{k=p-1} [\beta + 1 + n(k-1)] \prod_{k=\alpha}^{k=\alpha+n+p} [\beta + 1 - n(k-1)]}{(\alpha_p + 1)(\alpha_p + 2)\ldots(\alpha_p + n)};$$

c'est-à-dire que ces rapports sont des fonctions rationnelles de $m_0, m_1, m_2, \ldots, m_n$, et le numérateur et le dénominateur sont des polynomes de degré fixe n; les fonctions $\psi_{m_0, m_1, \ldots, m_n}$ sont donc des fonctions hypergéométriques supérieures à plusieurs variables.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'expression approchée des transcendantes de Fourier-Bessel à plusieurs variables qui se rencontrent dans le problème de Kepler.* Note de M. **Michel Akimoff**, présentée par M. Appell.

Nous avons indiqué (¹) pour l'équation du centre le développement suivant :

$$(1) \qquad v - \zeta = 2\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \mathfrak{J}_n(ne_1, ne_2, \ldots, ne_p, \ldots) \sin n\zeta,$$

où v, ζ et ε désignent respectivement l'anomalie vraie, l'anomalie moyenne et l'excentricité de l'orbite d'une planète,

$$(2) \qquad \begin{cases} e_p = (-1)^{p-1} \dfrac{2}{p} \dfrac{1 + p\sqrt{1-\varepsilon^2}}{(1+\sqrt{1-\varepsilon^2})^p} \varepsilon^p = (-1)^{p-1} \dfrac{2}{p}(1 + p\sqrt{1-\varepsilon^2})\beta^p \\ \qquad (p = 1, 2, 3, \ldots), \end{cases}$$

$$(3) \qquad \begin{cases} \mathfrak{J}_n(ne_1, ne_2, ne_3, \ldots) = \dfrac{1}{2\pi i}\displaystyle\int_C \varphi(t)^n \dfrac{dt}{t}, \\ \varphi(t) = t e^{-\frac{e_1}{2}\left(t-\frac{1}{t}\right) - \frac{e_2}{2}\left(t^2-\frac{1}{t^2}\right) - \frac{e_3}{2}\left(t^3-\frac{1}{t^3}\right) - \ldots} \end{cases}$$

et le chemin d'intégration C est un cercle de rayon un, décrit du point $t = 0$ comme centre.

Partant des développements en séries que nous avons obtenus auparavant (²) pour $\mathfrak{J}_n(x_1, x_2, x_3, \ldots)$, on trouve les coefficients du développement (1) soit sous forme de séries de puissances de ε, soit sous forme de séries de produits de polynomes de Hansen.

L'intégrale (3) conduit très facilement à l'expression approchée des coefficients du développement (1) pour les grandes valeurs de n.

En effet, $\varphi(t)$ étant égale à

$$\frac{t+\beta}{1+\beta t} e^{-\beta\sqrt{1-\varepsilon^2}\left(\frac{t}{1+\beta t} - \frac{1}{t+\beta}\right)},$$

on peut prendre pour le chemin d'intégration C une courbe fermée sans nœuds quelconque entourant les deux points $-\beta$, o et, en la choisissant convenablement, appliquer au calcul approché de l'intégrale (3) les méthodes de Laplace-Riemann. Remarquons pour cela que les racines de l'équation

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1100.
(²) *Ibid.*, t. 165, 1917, p. 23.

$\varphi'(t) = 0$ sont o et ∞. Aux environs du point $t = 0$, nous avons

$$\varphi(t) = \varphi(0)\, e^{a_2 t^2 + a_3 t^3 + \dots},$$

où

$$\varphi(0) = \beta . c^{\sqrt{1-\varepsilon^2}} \quad \text{et} \quad a_q = (-1)^q \left[\sqrt{1-\varepsilon^2}\left(\beta^q + \frac{1}{\beta^q}\right) + \frac{1}{q}\left(\beta^q - \frac{1}{\beta^q}\right)\right] \; (q = 2, 3, \dots).$$

Considérons un cercle de rayon $\frac{\varepsilon}{2}$, décrit autour du point $t = -\frac{\varepsilon}{2}$ comme centre. Sur ce cercle, comme le prouve un calcul simple, le module de $\varphi(t)$ atteint sa valeur maximum en un seul point $t = 0$ [1]. Après une légère déformation de ce cercle près du point $t = 0$, on peut le prendre donc comme ligne d'intégration. Pour trouver l'expression approchée de l'intégrale (3) quand n est grand, il suffit de restreindre l'intégration à une portion du chemin C située dans le voisinage de $t = 0$ et de poser

$$\varphi(t)^n = \varphi(0)^n e^{n a_2 t^2}(1 + n a_3 t^3 + \dots).$$

On obtient par cette voie l'expression asymptotique

$$\frac{2}{n} J_n(ne_1, ne_2, ne_3, \dots) \sim \frac{\varphi(0)^n}{n}\left(1 - \frac{a_3}{2\sqrt{a_2^3}} \frac{1}{\sqrt{n\pi}} + \dots\right),$$

qui d'après la signification de a_q est précisément la formule de Carlini, rectifiée par Jacobi.

Il va de soi que, par cette voie, on obtient d'un coup la représentation approchée des coefficients du développement trigonométrique en fonction de ζ de l'expression générale $r^k e^{i(lv+mu)}$, où r et u désignent le rayon vecteur et l'anomalie excentrique d'une orbite et k, l, m des nombres entiers, considérée par Scheibner et Flamme.

Je profite de cette occasion pour rappeler encore que les transcendantes $J_{n\pm h}(ne_1, ne_2, ne_3, \dots)$, $h = 0, 1, 2, \dots$, pour les valeurs considérées (2)

---

(1) Il est d'ailleurs facile de se rendre compte de la forme de la courbe d'égal module $\operatorname{mod} \varphi(t) = \varphi(0)$ et de s'assurer que le cercle considéré est situé dans le domaine entre les deux branches de cette courbe où $\operatorname{mod} \varphi(t) < \varphi(0)$. C'est ce que fait M. le professeur Ouspensky dans son Mémoire sur la même question publié dans le *Bulletin de l'Académie des Sciences de Russie*, 6e série, t. 15, 1921, p. 333. L'intégrale considérée par cet auteur peut être ramenée à la forme (3) par la substitution $e^{iu} = \frac{t+\beta}{1+\beta t}$.

des arguments l_p, $p = 1, 2, \ldots$, jouent un grand rôle dans les recherches sur le développement de la fonction perturbatrice de Gildén ([1]). Dans ma Thèse, *Sur les fonctions de Bessel à plusieurs variables et leurs applications en mécanique* (1922), publiée en russe, j'ai montré que les formules données par cet astronome pour les coefficients du développement trigonométrique de la fonction perturbatrice de deux planètes en fonction de l'anomalie vraie d'une planète troublée sont identiques aux formules de Hansen ([2]) pour le développement analogue en fonction de l'anomalie excentrique, si l'on introduit dans celles-ci, au lieu des transcendantes de Fourier-Bessel ordinaires, les transcendantes généralisées des arguments (2).

Remarque sur la Note précédente, par M. **P. Appell.**

Il convient de citer, à propos de la théorie des fonctions de Bessel à plusieurs variables ([3]), le nom de M. Jekhowsky ([4]), docteur de l'Université de Paris.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La classification véritable des étoiles doubles définie par la loi précise de la projection de leur lumière rapportée à l'arrivée au Soleil de leurs signaux dans le spectre.* Note ([5]) de M. **G. Sagnac**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons publié ici, en 1919 et 1920, huit Notes sur notre nouvelle théorie des deux mécaniques simultanées de toute radiation d'une source en mouvement dans l'éther immobile de Fresnel et de Maxwell.

La première est celle des ondes ellipsoïdales de l'éther; leurs centres sont fixes en accord avec l'idée fondamentale de Fresnel sur l'éther non entraîné; le mouvement relatif de ces centres révèle et mesure la vitesse opposée à celle de la matière dans l'éther de référence universel.

La seconde est une relativité dynamique; celle de l'énergie. On la calcule par une loi de moyenne, de sorte que dans un trajet d'aller et retour les

---

([1]) *Traité analytique des orbites absolues*, t. 1, 1893, p. 93, 99, 429.

([2]) Voir Poincaré, *Leçons de Mécanique céleste*, t. 2, 1907, p. 47, 48.

([3]) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 419-422.

([4]) *Ibid.*, t. 162, 1916, p. 318-321.

([5]) Séance du 11 août 1924.

variations de longueur d'onde sont compensées; c'est le cas de l'expérience de Michelson, qui ne définit que l'étalon λ qui appartient à l'énergie.

Corrélativement il y a un autre étalon, la constante universelle C de la vitesse de l'énergie dans le système de la source. Les signaux, c'est-à-dire les raies spectrales, sont projetés avec la vitesse de cette énergie à travers l'éther immobile sur le même réseau ellipsoïdal que la première mécanique. Il en est de même du foyer unique lié à la source qui entraîne l'énergie du réseau propagée avec la vitesse C par rapport à cette source, et avec la vitesse $C + \delta v$ rapportée à un récepteur quelconque, par exemple au Soleil dans le cas d'une étoile. Le signal, c'est-à-dire la raie spectrale, est périodique comme la circulation sur l'orbite de chacun des deux astres du couple étoile double. Ce signal est mesuré au téléspectroscope. $\Delta\lambda$ étant le déplacement donné par l'observation directe, $\delta\lambda$ le déplacement corrigé de la vitesse orbitale de la Terre, il y a, d'après le principe de Fizeau, identité entre les rapports $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ et $\frac{\delta v}{C}$.

D'après ce qui précède, on doit pouvoir utiliser la projection relative des éléments de lumière, ainsi que la variation relative de fréquence qui est due à la vitesse du système Terre-Soleil et de l'ordre de 10^{-6}, visible sur la lumière, soit d'une source terrestre, soit du Soleil. Cet effet s'isolera clairement par son interversion à 6 mois successivement vers le rouge et le violet.

Cet effet, qui reste à découvrir au téléspectroscope, disparaît dans les étoiles doubles avec celui du recul et de l'avance des deux ondulations propagées dans deux directions opposées.

J'ai déjà signalé qu'on trouve là l'explication des effets observés de 1895 à 1902 par la marine anglaise à partir d'une antenne de T. S. F. Le recul et l'avance des ondes très amorties par rapport à l'énergie totale du groupe d'ondes, rendent compte des zones de silence observées à 80^{km} à l'Est et à l'Ouest. Quand on n'a pas recours à des signaux amortis, la zone de silence disparaît. Ces expériences indiquent une valeur d'environ 500 km/sec pour la vitesse du Soleil à travers l'éther avec le récepteur de Branly.

On peut appliquer le cadre du réseau ellipsoïdal unique des deux mécaniques, définies au début de cette Note, non seulement à la propagation des radiations dans l'éther, mais aussi à la gravitation universelle. C'est la forme moderne des deux mécaniques simultanées que Newton a déjà indiquées clairement dans son *Traité d'Optique* [1].

---

(1) NEWTON, *Traité d'Optique*, page 516 de la traduction française de Coste, 1722.

La seconde mécanique de la radiation est la seule qui subsiste dans les étoiles doubles; elle montre la *relativité de l'énergie* seule réelle dans tout l'univers, et rend inutile la théorie dite de la *relativité générale*.

Les considérations précédentes amènent à la *classification des étoiles doubles*.

Prenons pour variable l'inverse du rapport : *vitesse radiale maximum sur l'orbite*, qui est variable, à la vitesse de translation constante du couple. Ce rapport a les deux valeurs *extrêmes* : 1 dans le type parfaitement dissymétrique de W Sagittaire où 20 km/sec est, à une très grande approximation, la vitesse unique sur l'orbite circulaire et pour le couple d'astres, et 0 dans le type parfaitement symétrique dont β *Lyre* est encore, à une bonne approximation, l'exemple, avec la vitesse — 14,8 en km/sec pour la vitesse du couple à l'opposé du Soleil et une vitesse sur l'orbite de — 179,6 km/sec, qui donne non plus une mais deux vitesses totales extrêmes pour les deux parties de la période P, qui est 12,91 jours pour β *Lyre*, où les deux départs de ces signaux sont à la phase $\frac{P}{4}$ et à la phase $\frac{3P}{4}$ de cette période.

A *l'arrivée* au *Soleil* on a le résultat suivant : d'abord le retard maximum dû à 194,4 km/sec qui est de 24,6 jours, plus de *trois semaines !* véritable record de l'*effet de projection* de l'énergie de la lumière; ensuite l'*avance maximum* de la période égale à 23,3 jours due au même effet de projection et à la vitesse maximum *vers le Soleil* de $179^{km},2$. Et 67,8 ans est le temps précis de lumière déterminé par cette avance et cette vitesse radiale euclidienne.

Entre ces deux types extrêmes de rapports caractéristiques $\left(\frac{1}{\rho}\right)$, 1 et 0, il y a Y Sagittaire voisine du type 1 avec le rapport $\left(\frac{1}{\rho}\right)$ égal à $\frac{17}{19}$ pour le maximum, — 36 km/sec à l'opposé du Soleil et le minimum + 2 km/sec vers le Soleil, ce qui donne déjà une grande dissymétrie avec un zéro un peu seulement avant le 0 final de la période de 5,77 jours. L'ascension dure 0,47 P, en conséquence du temps de lumière 136 ans, déterminée par la table de correspondance que les astronomes établissent pour les étoiles avec la *grandeur*, ici due à un seul astre brillant sur les deux.

A l'approximation de 2 ans qui est de l'ordre de 1 pour 100, ce temps de lumière fait prévoir le retard maximum 1,03 P qui donne presque exactement, avec le déplacement en arrière dans la période qui *précède celle du départ* à $\frac{P}{4}$ du zéro initial du signal, la durée de l'ascension rapportée à

cette période antérieure P qui se transporte, sans aucune variation bien entendu, au Soleil, une fois tenu compte du glissement et du temps de lumière. Un type presque rigoureusement conforme au rapport 1 des deux vitesses partielles égales à $19^{km},7$ à la seconde, à moins de 1 pour 100, est δ Céphée.

Dans β Lyre, ce temps est calculé d'après les nombres établis et il est de 85,2 ans avec ce chiffre supplémentaire qui l'amène, pensons-nous, à être exact à $\frac{1}{1000}$ près de sa valeur, par la grande précision obtenue par Beloposky pour celui des deux astres brillants qu'il a choisi, dans l'été favorable de 1897, pour faire des mesures définitives.

Les rapports $\frac{1}{\rho}$ des deux vitesses à ajouter et à retrancher pour les deux parties de la période sont, pour le type presque symétrique, presque exactement les deux moitiés de P, c'est-à-dire la moitié de 12,91 jours ou 6,46 jours.

Ces nombres, résultent du tableau de Beloposky, rapportant les δv au Soleil.

Il y a d'autres Sagittaires que Y et bien d'autres Céphéides ou Géminides qu'on peut placer en série naturelle entre nos deux types extrêmes.

CHIMIE PHYSIQUE — *Révision du poids du litre normal du gaz oxyde de méthyle*. Note de M. T. **Batuecas**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Dans un précédent Mémoire (¹) nous avons publié les résultats de nos recherches, faites au laboratoire de feu le professeur Ph.-A. Guye, sur la compressibilité au-dessous de 1^{atm} et l'écart à la loi d'Avogadro de plusieurs gaz. Un seul, l'oxyde de méthyle, conduisait à un résultat nettement inadmissible ; en effet, si l'on prend pour le poids du litre normal la valeur déterminée par M. G. Baume (²), soit $L_0 = 2,1096$, et pour l'écart à la loi d'Avogadro celle que nous avons trouvée à Genève, soit $1 + \lambda = 1,0254$, on obtient pour le carbone un poids atomique beaucoup trop fort, $C = 12,033$. Un tel résultat pourrait seulement s'expliquer, en supposant, ou bien que l'une des deux quantités (L_0 ou $1 + \lambda$) est mal connue, ou bien encore en admettant que, d'après ce qui a été dit à plusieurs reprises, la loi des densités limites de M. Daniel Berthelot n'est pas rigoureusement valable pour des gaz si facilement liquéfiables que l'oxyde de méthyle. Cependant,

(¹) T. Batuecas, *An. Soc. Españ. Fis. Quim.*, vol. 20, 1922, p. 441.
(²) G. Baume, *J. Ch. phys.*, t. 6, 1908, p. 45.

la question de savoir si cette loi peut s'appliquer ou non d'une façon rigoureuse *à tous les gaz*, est d'une si grande importance pour les méthodes physico-chimiques de détermination des poids moléculaires et atomiques, que nous n'avons pas hésité à entreprendre la révision du poids du litre normal et de l'écart à la loi d'Avogadro de l'oxyde de méthyle.

Nos recherches prouvent, d'une part, que la valeur du poids du litre normal du gaz oxyde de méthyle, déterminée par M. G. Baume, est exacte, d'autre part, que si l'on accepte pour l'écart à la loi d'Avogadro la nouvelle valeur que nous venons de déterminer, ce gaz suit d'une façon rigoureuse la loi des densités limites.

Détermination du poids du litre normal. — Pour le poids du litre de l'oxyde de méthyle on trouve dans la bibliographie, trois valeurs : celle de M. A. Leduc [1] $L_0 = 2,1085$, celle de M. G. Baume déjà citée, $L_0 = 2,1096$, et enfin celle plus récente encore de MM. Maas et Russell [2], $L_0 = 2,1013$. A remarquer que tous ces investigateurs n'ont obtenu le gaz que par une seule méthode de préparation, tandis que dans les recherches dont il est question ici, il a été obtenu par deux méthodes différentes.

Notre appareil tout en verre soudé se compose de trois parties : celle destinée à la génération du gaz, celle de purification physique, et enfin la partie destiné aux mesures de densité.

Première méthode. — La réaction utilisée est l'action catalytique de l'alumine calcinée au rouge sur les vapeurs d'alcool méthylique. Un ballon tubulé à dégagement contient l'alcool dont les vapeurs sont entraînées sur l'alumine, placée dans un tube en verre d'Iéna, relié au reste de l'appareil par des capuchons rodés et chauffé à 300° au moyen d'un petit four électrique; le gaz traverse un condenseur refroidi par le mélange glace + sel, puis un laveur contenant de la potasse concentrée, ensuite deux autres condenseurs refroidis à — 10° environ, et enfin un double tube à pentoxyde de phosphore; il passe ensuite à l'appareil de purification physique, où il est fractionné à plusieurs reprises; le gaz a été utilisé pour les séries n^os^ 3, 4, 6 et 14.

Deuxième méthode. — La réaction utilisée a été celle de l'acide sulfurique concentré sur l'alcool méthylique. Le mélange, placé dans un ballon à dégagement, est chauffé au bain-marie à une température de 80°-90°; le gaz traverse trois condenseurs plongés dans le mélange glace + sel, puis un double tube à pentoxyde de phosphore et ensuite il passe à l'appareil de

(1) A. Leduc. *Recherches sur les gaz*, 1898, p. 94.

(2) Maas et Russell, *J. Amer. chem. Soc.*, t. 50, 1918, p. 1847.

purification physique où il subit plusieurs fractionnements et barbotages. Avec ce gaz on a fait les séries 7, 8, 9, 10, 11 et 12.

Les ballons à densités, calibrés à l'eau d'après la méthode de Travers, ont les volumes suivants : ballon N-3, $772^{ml},39$; ballon III, $220^{ml},26$. La contraction des ballons par le vide est de $0^{ml},083$ pour N-3 et de $0^{ml},067$ pour le ballon III.

Pour les opérations de vide et de rinçage, nous nous sommes servi d'une trompe à eau et d'une pompe à huile Guericke, à deux corps, donnant facilement le $0^{mm},1$. Les mesures de densité ont été réalisées à la température de la glace fondante, les pressions ont été lues à $0^{mm},1$ près et les pesées des ballons (munis de contrepoids) ont été faites dans une balance sensible, donnant facilement par la méthode des oscillations le $0^{mg},05$.

Le tableau suivant indique, avec les deux ballons employés, les valeurs L_0 du *litre normal* obtenues en tenant compte de la réduction des pesées au vide, de l'écart de compressibilité, de la contraction des ballons, de l'altitude, de la latitude et de l'erreur sur la longueur de la règle.

Le détail des mesures sera donné dans un Mémoire plus étendu.

Séries.	L_0 (N-3).	L_0 (III).	L_0 moyen.
3	2,1100	2,1097	2,1099
4	2,1105	2,1105	2,1105
6	2,1105	2,1100	2,1107
7	2,1104	2,1084	2,1094
8	2,1098	2,1102	2,1100
9	2,1099	2,1091	2,1095
10	2,1085	2,1090	2,1087
11	2,1093	2,1078	2,1096
12	2,1101	2,1094	2,1097
14	2,1086	2,1084	2,1085

La moyenne générale des 20 déterminations est

$$L_0 = 2,1097.$$

La plus grande différence entre deux déterminations isolées est de $11,4.10^{-4}$, et par rapport à la moyenne elle est seulement de $6,2.10^{-4}$. L'erreur d'une détermination isolée est de $+0,00037$ (soit de $\frac{3}{10000}$ environ) et l'erreur moyenne sur la moyenne arithmétique est de $+0,00008$ (soit de $\frac{1}{10000}$ seulement) (1).

(1) Les séries 1 et 2 ne figurent pas dans ce tableau, à cause d'accidents de manipulations, et les séries 5 et 13 non plus parce que le gaz n'était pas très pur. Ces quatre séries, du reste, appartiennent à la première méthode de préparation.

La valeur du poids du litre normal trouvée par nous, étant presque identique à celle que M. G. Baume avait déterminée précédemment, on peut considérer ladite valeur comme exacte au moins à $\frac{1}{10000}$ près.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Lutétien marin au Roc de Chère (Lac d'Annecy).* Note [1] de MM. **Léon Moret** et **Georges Carrette**, transmise par M. W. Kilian.

Le Roc de Chère constitue un promontoire arrondi issu de la rive orientale du lac d'Annecy entre Menthon-Saint-Bernard et Talloires. La structure de ce petit chaînon est complexe et la stratigraphie du Nummulitique rendue extrêmement intéressante par la présence, à la base de la série Éocène (Priabonien), de couches lutétiennes lacustres à Bulimes.

Des observations plus minutieuses de la surface du sol, rendues possibles par l'exploitation de la forêt, nous ont précisément permis de compléter la coupe du Nummulitique, donnée par l'un de nous, et de mettre en évidence l'existence de lambeaux de couches lutétiennes marines à grandes Nummulites situés au-dessous des couches à Bulimes [2].

Rappelons que le Roc est un point singulier situé sur un abaissement transversal des plis des Alpes d'Annecy et que sur un espace très réduit se trouvent représentés et écrasés une succession de plis que l'on retrouve au Nord dans la montagne de Veyrier, au Sud dans celle d'Entrevernes. Deux failles découpent notre promontoire en quatre régions naturelles possédant chacune des caractères spéciaux. La région centrale (dépression des Sablons) se trouve sur l'axe synclinal Entrevernes-Col des Contrebandiers (montagne de Veyrier), elle est uniquement occupée par les affleurements du Tertiaire dont la suite des termes est la suivante sur une coupe tracée du Sud au Nord :

1° Le substratum de la série est constitué par les bancs du Sénonien qui butent par faille contre les grès quartzeux nummulitiques du plateau méridional qui domine le lac.

2° C'est directement sur ce Sénonien que nous avons pu observer, sur $1^m,50$ à 2^m de puissance, des grès glauconieux à grandes Nummulites (*N. perforatus* surtout) et Assilines très abondantes. Ces grès sont très grossiers à la base et renferment des galets de quartz atteignant parfois 1^{cm} de diamètre. Les parties supérieures du Sénonien sont remarquables, elles sont criblées de perforations de Mollusques lithophages actuellement remplies par le sédiment gréseux. Ce point représente évidemment le littoral de la plus ancienne mer tertiaire qui ait atteint la région.

3° Sur ces couches marines se sont ensuite déposés des sédiments lacustres ainsi constitués :

---

(1) Séance du 18 août 1924.

(2) Cette découverte a été faite au cours de l'excursion annuelle de l'École des Mines de Paris dirigée par M. Pierre Termier.

Calcaire lacustre blanchâtre, dur et quartzeux (les grains de quartz ont été probablement empruntés aux grès nummulitiques sous-jacents).

Couches grumeleuses à concrétions calcaires.

Marnes verdâtres à nombreux *Bulimus subcylindricus* associés à de rares *Limnea Michelini*.

Marnes blanchâtres et rougeâtres.

Épaisseur : 20^m environ.

4° Puis, sur ces couches lacustres transgressent de nouvelles assises marines d'âge Priabonien. Ce sont des conglomérats, des grès et des calcaires à petites Nummulites (*N. striatus*), des calcaires à *Lithothamnium*, etc., 50^m environ.

5° Enfin le sommet de la série est occupé par des grès jaunâtres à petites Nummulites et Bryozoaires et des grès grossiers (Oligocène?), $15\text{-}20^m$.

Cette succession nous montre donc, subordonné à des couches lacustres à faciès méditerranéen et bien datées par l'association de *Bulimus subcylindricus* et de *Limnea Michelini* (équivalent exact du Lutétien supérieur de Provence), un niveau à grands Foraminifères, plus ancien que le Lutétien supérieur.

Nous avons donc ici, pour la première fois, la démonstration incontestable de l'âge Lutétien des couches à grandes Nummulites des Chaînes calcaires de Savoie (Bauges, Massif de Platé, etc.), et cela grâce à la coexistence, sur une même coupe, de couches à grandes et à petites Nummulites séparées par un niveau lacustre bien déterminé (Lutétien supérieur). On sait que cet âge était admis par la plupart des anciens auteurs, et en particulier par Renevier, mais qu'il fut par la suite nié par J. Boussac, dont les travaux sont actuellement classiques. Ces observations nouvelles sont d'ailleurs en accord avec les recherches de l'un de nous dans les massifs de Platé et du Haut-Giffre [1]; la mer lutétienne a donc dépassé les massifs cristallins pour atteindre les parties les plus externes des chaînes subalpines de Savoie.

Enfin la progression de la mer Nummulitique vers l'Ouest n'a pas été continue, mais s'est faite au contraire par oscillations successives.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

---

(1) L. Moret, *Sur l'existence d'un niveau lacustre à* Limnea longiscata *dans la série Nummulitique du massif du Haut-Giffre (Haute-Savoie) et sur sa signification (Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 790).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er SEPTEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. les professeurs **N. M. Kryloff**, Membre de l'Académie des Sciences de l'Oucraïne; **A. N. Kryloff**, Membre de l'Académie des Sciences de Russie; **V. A. Kostitzin**, Sous-Directeur de l'Institut Géophysique de Russie, qui assistent à la séance.

HYDROLOGIE. — *Étude des eaux des glaciers du Massif du mont Blanc.* Note (¹) de MM. **d'Arsonval**, **Bordas** et **Touplain**.

Les recherches que nous poursuivons depuis plusieurs années sur la composition des eaux des rivières issues de deux glaciers du Massif du mont Blanc, celui d'Argentière et celui des Bossons, ont mis en relief un certain nombre de faits intéressants à vérifier (²).

Nous avons donc étendu notre étude à deux autres glaciers voisins des premiers et de même origine : celui des Bois et celui du Tour.

Il importait de prélever tous les échantillons dans le plus bref délai possible afin d'éviter les influences très marquées des variations météorologiques sur la composition des eaux glaciaires. En réalité, il est pratiquement impossible d'éliminer absolument ce facteur.

Les quatre glaciers des Bossons, des Bois, d'Argentière et du Tour, dévalent dans une direction à peu près semblable vers la vallée de

---

(¹) Séance du 25 août 1924.

(²) d'Arsonval, Bordas, Touplain, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1443.

Chamonix; étant plus ou moins encaissés, leur degré d'ensoleillement n'est cependant pas absolument le même, d'où une inégalité appréciable dans le débit des torrents auxquels ils donnent naissance.

La surface exposée à l'air (crevasses, séracs) fournit une eau d'une grande pureté; l'eau qui circule sous la masse glaciaire, au contraire, est très chargée de matières boueuses arrachées au sol.

Le débit et la minéralisation totale du torrent glaciaire seront évidemment fonction de la proportion du mélange de ces deux eaux; il est donc bien difficile de réaliser des conditions telles qu'une comparaison précise puisse être établie entre les eaux de deux glaciers, même voisins.

Des investigations spéciales poursuivies par nous sur la composition des rivières et des fleuves à cours rapide nous ont révélé d'autres causes de variations; les résultats analytiques sont différents suivant que l'eau a été prise au milieu du courant ou sur les bords; même la profondeur à laquelle est opérée la prise d'échantillon, ne serait pas sans influence sur la composition de l'eau.

En ce qui concerne les torrents glaciaires du mont Blanc, ces phénomènes sont plus nets encore.

Ici, la grande quantité des particules solides en suspension et leur diversité influent sur la conductibilité électrique du liquide. Ces particules, matières minérales plus ou moins porphyrisées par l'action mécanique du glacier et les obstacles rencontrés sur le parcours du torrent, sont réparties de manière inégale dans la masse fluide mise en mouvement par la déclivité du sol; il est donc inutile de chercher à obtenir un échantillon-type de l'eau à examiner, et deux expériences, même pratiquées à très court intervalle, ne peuvent donner un résultat comparable.

La seule donnée certaine à retenir, c'est la grande variabilité des eaux puisées au front terminal des glaciers, du moins, pendant la saison chaude. Déjà, au début de nos travaux, il nous était apparu que certaines mesures physiques (conductibilité électrique, par exemple) présentaient des anomalies curieuses. Il nous a fallu nous livrer à de longues et délicates expériences pour parvenir à expliquer certains faits observés par nous et touchant la conductibilité électrique des eaux d'une pureté chimique absolue.

L'eau de fusion des glaciers est pure. Cependant la minéralisation totale des eaux des glaciers du mont Blanc est assez notable, du fait des souillures accidentelles. Malgré tout, elle reste en général inférieure à 100^{mg} par litre.

Dans ces conditions, la présence des gaz de l'air et en particulier de l'acide carbonique dans ces eaux influe sur leur conductibilité. Il faut tenir compte de ce facteur dans la détermination de la résistivité électrique. La difficulté sera réelle lorsqu'il s'agira de comparer des eaux ayant à peu près la même origine.

Nous avons dû chercher un mode opératoire qui nous permît d'atténuer dans toute la mesure du possible ces diverses causes d'erreur.

Dans certains cas, nous avons pratiqué une simple décantation après un repos plus ou moins long; parfois, le liquide demeurant louche après deux mois, il a fallu filtrer sur bougie de Birkefeld pour obtenir une limpidité parfaite. L'opacité, dans ce cas, était due, non seulement à une trituration extrême des roches formant le lit des glaciers, mais aussi à l'appoint d'eaux sauvages contenant de l'argile et des matières organiques, qui s'étaient mêlées aux eaux du glacier dans la partie voisine du front terminal de celui-ci.

Résistivité et conductivité à 18° des eaux des glaciers.

Glaciers.		Résistivité en ohms.	Conductibilité.
du Tour.	Ech. n° 1....................	57,456	$1,74.10^{-5}$
	» n° 2 (après 15 minutes)..	64,638	$1,50.10^{-5}$
Argentière.	Ech. n° 1....................	33,516	$2,9\ .10^{-5}$
	» n° 2 (après 15 minutes)..	37,107	$2,7\ .10^{-5}$
Mer de Glace (Gl. des Bois).	Ech. n° 1....................	48,678	$2,05.10^{-5}$
	» n° 2 (après 15 minutes)..	59,850	$1,67.10^{-5}$
Les Bossons.	Ech. n° 1....................	17,396	$5,74.10^{-5}$
	» n° 2 (après 15 minutes)..	13,886	$7,2\ .10^{-5}$

Ces résultats démontrent les grandes et rapides variations qui se produisent dans la minéralisation des eaux issues des glaciers du Massif du mont Blanc. Ce phénomène est loin d'être simple et de nombreux facteurs entrent en jeu pour en augmenter la complexité.

L'analyse chimique des dépôts, l'examen microscopique des sédiments et des liquides colloïdaux nous autorisent à grouper ensemble les trois glaciers du Tour, d'Argentière et des Bois.

Le glacier des Bossons offre des particularités spéciales dues à des effets mécaniques intenses s'exerçant sur des terrains peut-être différents des précédents, surtout vers sa partie terminale. L'étude des glaciers situés plus au sud du Massif du mont Blanc et en particulier du glacier de Trélatête nous permettra de vérifier cette hypothèse.

BOTANIQUE. — *Les* Neodypsis, *Palmiers de Madagascar*. Note (¹) de M. **Henri Jumelle.**

Le genre *Neodypsis* fut très vaguement créé en 1894 par Baillon pour un Palmier de Madagascar, le *Neodypsis Lastelliana*, dont ce botaniste ne connut ni les feuilles, ni les spathes, ni même les fruits, car ceux qu'il décrivit, et dont la graine était à albumen homogène, appartenaient, en réalité, à une tout autre espèce, le *Chrysalidocarpus pilulifera*.

Beccari donc, lorsqu'il reprit l'étude de ce Palmier, en 1906, ne put guère en retenir que le nom et fut le premier à donner une diagnose complète, en signalant la rumination de l'albumen. Il ne put, d'ailleurs, pas plus que Baillon, préciser où croissait l'espèce, à Madagascar; un échantillon recueilli par Baron mentionnait seulement, comme origine, le centre de l'île.

En 1913 seulement les récoltes de M. Perrier de la Bâthie nous ont permis de reconnaître que le *Neodypsis Lastelliana* a, en fait, dans notre colonie, une assez large répartition, car on le trouve non seulement dans l'Anamalahitso et le Manongarivo, région centrale, mais encore dans le Boina et l'Ambongo, région du Nord-Ouest, dans la Haute-Mananjeba, vers 400^{m}, région du Sambirano, et aussi dans l'Est, où c'est le *menavozona* de Soanierana.

Ce *N. Lastelliana*, que contribue à caractériser l'épais duvet roux de la face inférieure de ses gaines foliaires, fut jusqu'en 1913 le seul représentant connu du genre, mais nous décrivions, cette année-là, avec M. Perrier de la Bâthie, trois autres espèces : le *N. basilongus*, qui est un des *madiovozona* de l'Est; le *N. nauseosus*, qui, sur le même versant, est le *rahoma* du mont Vatovavy; et le *N. tanalensis*, qui, toujours dans la région orientale, est le *matitana* des Tanalas.

Aujourd'hui les plus récentes explorations de M. Perrier de la Bâthie nous amènent à signaler encore cinq nouvelles espèces. Trois sont du Tsaratanana, région centrale : le *N. tsaratanensis*, un *kindro* des indigènes, croît dans les forêts du massif, sur les cimes de 1000 à 1500^{m}; le *N. heteromorphus*, autre *kindro*, a pour habitat les silves à lichens, de 1600 à 2400^{m}; le *N. lobatus*, ou *hovaka*, ou *lavoboka*, vers les mêmes altitudes, semble préférer les endroits humides et les bas-fonds. Les deux autres espèces sont,

(¹) Séance du 25 août 1924.

dans les forêts à grès liasiques du Sambirano, le *N. canaliculatus*, qui est le *lopaka* des indigènes, et le *N. ligulatus*.

A ces neuf espèces, il nous reste à ajouter le *N. Baronii*, depuis longtemps connu, mais considéré à tort jusqu'à ces derniers mois (¹) comme un *Chrysalidocarpus*.

Entre tous ces *Neodypsis*, le *N. canaliculatus* se distingue tout de suite par la large gouttière qui, dans la partie médiane du limbe, sur la face supérieure, surmonte le rachis, alors qu'au même niveau, dans les neuf autres espèces, cette gouttière est remplacée par une carène plus ou moins haute et plus ou moins forte. Cette carène, en cette région médiane du rachis, est de section triangulaire et amincie au sommet dans les *N. Baronii*, *basilongus*, *nauseosus*, *tanalensis*, *heteromorphus* et *ligulatus;* elle s'élargit, au contraire, au sommet, en s'excavant, dans le *N. Lastelliana;* elle est basse, épaisse et de même largeur à peu près sur toute sa hauteur, dans le *N. lobatus*, où elle est plane ou légèrement creusée au sommet, et dans le *N. tsaratanensis*, où l'excavation terminale est un peu plus marquée, sous forme de gouttière anguleuse.

Chez le *N. ligulatus*, l'orifice de la gaine présente une languette à l'opposé du pétiole; chez le *N. lobatus*, c'est un lobe bas et tronqué; dans les huit autres espèces, le bord antérieur de l'ouverture de la gaine est anguleux ou arrondi sans aucun prolongement.

Les segments foliaires, le long du rachis, sont isolés ou par groupes. Ils sont groupés par deux ou trois, au moins vers la région médiane, dans le *N. basilongus*, le *N. canaliculatus* et le *N. lobatus*; ils sont par deux à cinq dans le *N. tsaratanensis*; ils sont isolés dans les six autres espèces.

D'autres caractères distinctifs sont encore fournis : 1° par la longueur des segments médians, qui dépassent, par exemple, 1^{m} dans le *N. nauseosus* et le *N. tanalensis* et ont moins de 50^{cm} dans le *N. Baronii* et le *N. heteromorphus*; 2° par la présence ou l'absence, sur la face inférieure de ces segments, de longues squamules rouges, qui semblent notamment toujours manquer dans les *N. lobatus* et *tsaratanensis*; et enfin 3° par la présence ou l'absence, sur les nervures de cette même face inférieure, d'un pointillé rouge ou blanc, que présentent, entre autres, les *N. heteromorphus*, *tanalensis* et *lobatus*.

Au point de vue anatomique, deux faits surtout sont à relever, car il importe de les connaître, au cas où l'on voudrait faire intervenir la structure

(¹) HENRI JUMELLE, *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 249.

interne dans la détermination des espèces. Le premier est la très grande ressemblance qu'offre l'anatomie des segments de trois espèces cependant bien distinctes morphologiquement : le *N. Lastelliana*, le *N. canaliculatus* et le *N. tanalensis*. Dans ces trois Palmiers, la méristèle de la nervure médiane n'occupe pas, sur la face supérieure, toute l'épaisseur de cette nervure ; non seulement elle est entourée latéralement de gros faisceaux scléreux, mais quelques-uns de ces faisceaux sont interposés entre le sommet de la méristèle et l'épiderme, caractère que ne présente aucun des sept autres *Neodypsis* ; en outre, le mésophylle possède, dans les trois espèces, de nombreux gros faisceaux scléreux et est à peu près dépourvu de cellules à raphides. Le second fait à mentionner est la différence de forme de la méristèle que, chez le *N. heteromorphus*, présente la nervure médiane des segments dans les feuilles penniséquées des pieds adultes et dans les feuilles simples ou presque simples des tout jeunes rejets qui, dans cette espèce, entourent les bases des plus vieux troncs.

Pour l'étude de ces Palmiers, ce dimorphisme anatomique, concomitant avec le dimorphisme morphologique, est d'autant plus regrettable que l'identité de structure interne entre les feuilles simples et les feuilles penniséquées normales d'une même espèce eût fortement aidé, pour les *Dypsis* et les *Neophloga* aussi bien que pour les *Neodypsis*, à reconnaître — si comme il y a toujours lieu de se le demander — certains Palmiers à feuilles simples ne seraient pas, quoiqu'ils fleurissent et fructifient, les formes jeunes de plus grands Palmiers à feuilles penniséquées. Mais il semble donc que nous devions renoncer, à cet égard, à un criterium qui eût pourtant été précieux. D'autre part, la similitude de structure des trois espèces adultes plus haut citées nous enseigne que, si des structures anatomiques différentes correspondent incontestablement à des espèces distinctes, l'anatomie ne peut cependant être utilisée que dans certaines limites pour la reconnaissance des espèces, puisque les mêmes caractères anatomiques généraux ne prouvent pas inversement que tous les Palmiers où on les observe constituent une seule et même espèce.

Les *Neodypsis* donnent des choux-palmistes de valeurs très inégales : les bourgeons terminaux du *N. Baronii*, du *N. basilongus* et du *N. ligulatus* sont excellents et de saveur douce ; ceux du *N. tanalensis*, du *N. heteromorphus*, du *N. tsaratanensis* et du *N. lobatus* sont encore comestibles, quoique un peu amers ; ceux du *N. nauseosus*, du *N. Lastelliana* et du *N. canaliculatus* ne sont pas consommables, car le premier donne des nausées et les deux autres passent même, auprès des indigènes, pour être vénéneux.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *James Dewar* (1842-1923), par J. D. Hamilton Dickson.

2° Pietro Guareschi. *Sull' Origine dei Petroli.*

3° *Couleurs et peintures*, par Ch. Coffignier.

4° *Végétation du grand Atlas marocain oriental. Exploration botanique de l'Ari Ayachi*, par Henri Humbert. (Présenté par M. Marin Molliard.)

M. le **Secrétaire général de la Fondation Carnegie** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui occupera, dans la Commission administrative de cette fondation, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. *Émile Picard.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Calcul des vitesses de régime uniforme, par des polynomes, dans les tubes cylindriques à sections polygonales régulières.* Note de M. **Maurice Paschoud.**

I. Il y a quelques années, ici même (¹), M. Boussinesq a repris, pour intégrer dans le cas d'une section carrée l'équation indéfinie $\Delta_2 V =$ une constante négative $(-K)$, sous la condition $V = 0$ le long du contour, la méthode de de Saint-Venant, qui consiste à exprimer V par une somme de polynomes d'un degré de plus en plus élevé, et à déterminer les coefficients arbitraires en annulant V le plus grand nombre possible de fois le long du contour.

La même méthode, avec certaines modifications dans la détermination des arbitraires, permet le calcul approché des vitesses de régime uniforme dans *tous* les tubes à sections polygonales régulières.

II. Soit un polygone régulier de m côtés. Appelons r le rayon du cercle

(¹) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1743 et 1846.

inscrit et $p_m(x, y)$ le polynome *harmonique* de degré m. En prenant V sous la forme

$$(1)\quad V = -\frac{K}{4} r^2 \left[\frac{x^2+y^2}{r^2} - A_{0m} + \frac{A_{1m}}{r^m} p_m(x,y) + \frac{A_{2m}}{r^{2m}} p_{2m}(x,y) + \ldots \right],$$

on tient compte de la symétrie du polygone et l'on satisfait à l'équation indéfinie du problème.

Il reste à déterminer les constantes A. Pour cela, on exprime : 1° que le contour du tube, d'équation $V = 0$, passe par chacun des points milieux des côtés du polygone; 2° qu'il a, en ces points, un *contact d'ordre infini* avec ces côtés.

La première condition donne

$$A_{0m} = 1 + A_{1m} + A_{2m} + \ldots.$$

La deuxième conduit au système suivant, d'une infinité d'équations à une infinité d'inconnues,

$$m(m-1)A_{1m} + 2m(2m-1)A_{2m} + \ldots = 2,$$
$$m(m-1)(m-2)(m-3)A_{1m} + 2m(2m-1)(2m-2)(2m-3)A_{2m} + \ldots = 0,$$
$$m(m-1)(m-2)(m-3)(m-4)(m-5)A_{1m} + \ldots = 0,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Dans chaque cas particulier, on peut résoudre ce système avec une exactitude de plus en plus grande, en le limitant à n équations à n inconnues.

III. Dans le cas du *triangle équilatéral*, où $m = 3$, on trouve $A_{13} = \frac{1}{3}$, $A_{26} = A_{39} = \ldots = 0$ et $A_{03} = \frac{4}{3}$. Pour le *cercle*, $m = \infty$ et l'on obtient $A_{1\infty} = A_{2\infty} = \ldots = 0$ et $A_{0\infty} = 1$. On retrouve ainsi les solutions classiques.

Pour le *carré*, où $m = 4$, la convergence des approximations est semblable à celle qu'obtenait M. Boussinesq. Mais ici, pour *toutes* les approximations, l'erreur au contour est *maxima aux sommets* et la moyenne des valeurs de V qui subsistent le long du contour est *toujours négative*. Ainsi les valeurs de V obtenues dans chaque approximation sont approcheés par *défaut* et, en faisant la correction indiquée par M. Boussinesq, on trouve des valeurs approchées *par excès*. On peut donc indiquer une limite supérieure de l'erreur commise dans chaque approximation ; et la *moyenne* arithmétique des valeurs par défaut et des valeurs par excès tend rapidement vers la valeur exacte de V.

Par exemple, pour le coefficient k de M. Boussinesq, cette moyenne est

successivement, pour les cinq premières approximations : 0,035069; 0,035177; 0,035172; 0,035168; 0,035166.

IV. Appelons V'_m la vitesse maxima au centre, Q_m le débit et U_m la vitesse moyenne du tube à section de m côtés. Posons, suivant M. Boussinesq,

$$V'_m = k'_m K \sigma_m \quad \text{et} \quad U_m = k K \sigma_m \quad (\sigma_m = \text{aire de la section}).$$

Il vient pour k_m et k'_m les expressions

$$(2) \quad k_m = \frac{1}{2m \operatorname{tang}\frac{\pi}{m}} \left[-\frac{3 + \operatorname{tang}^2\frac{\pi}{m}}{12} + \frac{A_{0m}}{2} + \frac{A_{1m}}{(m+1)(m+2)\cos^m\left(\frac{\pi}{m}\right)} - \frac{A_{2m}}{(2m+1)(2m+2)\cos^{2m}\left(\frac{\pi}{m}\right)} + \ldots \right],$$

$$(3) \quad k'_m = \frac{A_{0m}}{4m \operatorname{tang}\frac{\pi}{m}}.$$

V. Le calcul par la méthode précédente donne, pour les polynomes à 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 et 15 côtés, les valeurs suivantes de k_m et de k'_m :

$k_4 = 0,0352$; $k_5 = 0,0372$; $k_6 = 0,0382$; $k_7 = 0,0387$; $k_8 = 0,0391$; $k_9 = 0,0392$; $k_{10} = 0,0393$; $k_{12} = 0,0395$; $k_{15} = 0,0396$.

$k'_4 = 0,0737$; $k'_5 = 0,0765$; $k'_6 = 0,0778$; $k'_7 = 0,0785$; $k'_8 = 0,0788$; $k'_9 = 0,0790$; $k'_{10} = 0,0791$; $k'_{12} = 0,0792$; $k'_{15} = 0,0794$.

VI. Si l'on se borne à la première approximation, on trouve

$$A_{1m} = \frac{2}{m(m-1)} \quad \text{et} \quad A_{0m} = \frac{m(m-1)+2}{m(m-1)}.$$

On est alors conduit aux expressions suivantes qui permettent le calcul approché de k_m et k'_m :

$$(2\ bis) \quad k_m = \frac{1}{2m \operatorname{tang}\frac{\pi}{m}} \left[-\frac{3 + \operatorname{tang}^2\frac{\pi}{m}}{12} + \frac{m(m-1)+2}{2m(m-1)} + \frac{2}{m(m+2)(m^2-1)\cos^m\left(\frac{\pi}{m}\right)} \right],$$

$$(3\ bis) \quad k'_m = \frac{m(m-1)+2}{4m(m-1)\operatorname{tang}\frac{\pi}{m}}.$$

Ces expressions, *exactes* pour le cercle et pour le triangle, donnent pour tous les autres polygones des valeurs approchées *par défaut*. L'erreur est maxima pour le carré. Sa valeur relative est alors un peu supérieure à 3 pour 100 pour k_4 et un peu supérieure à 1 pour 100 pour k'_4. Cette erreur relative diminue quand le nombre m des côtés du polygone augmente.

L'expression (2 *bis*) ne devient préférable à celle,

$$k_m = \frac{0,0704}{\sqrt{m \tan \frac{\pi}{m}}},$$

indiquée par M. Boussinesq, qu'à partir du polygone de 15 côtés. Pour tous les polygones compris entre le carré et le pentédécagone, l'expression de M. Boussinesq fournit une approximation excellente.

Par contre, l'expression (3 *bis*) est meilleure que celle,

$$k'_m = \frac{0,144}{\sqrt{m \tan \frac{\pi}{m}}},$$

indiquée, avec des réserves, il est vrai, par M. Boussinesq.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la célérité des déflagrations.* Note de M. E. **Jouguet**, transmise par M. L. Lecornu.

1. Dans les *Comptes rendus* du 7 avril 1913 [1] et dans ma *Mécanique des Explosifs* [2], j'ai donné une formule pour la célérité des déflagrations se propageant par ondes planes dans les mélanges gazeux, en me plaçant dans les deux hypothèses suivantes :

A. La réaction chimique est monomoléculaire;

B. Sa vitesse, nulle au-dessous de la température d'inflammation, est, au-dessus de cette température, proportionnelle à la température absolue.

Dans une Note du 22 avril 1919 [3], publiée à l'occasion d'un travail de Nüsselt, M. Crussard et moi avons discuté l'extension de cette formule aux réactions qui suivent des lois plus générales. Toutefois, faute de pouvoir,

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1052.
(2) Paris, chez Doin, 1917.
(3) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 820.

dans ce cas, intégrer les équations différentielles du phénomène, nous n'avons développé qu'une discussion incomplète.

Je voudrais montrer qu'on peut aller plus loin en conservant l'hypothèse B, mais en renonçant à l'hypothèse A. L'hypothèse B ne représente évidemment que très grossièrement l'influence de la température sur la vitesse de réaction. J'ai cependant montré, dans ma *Mécanique des Explosifs*, pourquoi elle pouvait être considérée comme fournissant une certaine approximation de la réalité.

2. Reprenons avec les mêmes notations, l'équation qui porte le numéro (2) dans la Note de M. Crussard et de moi-même, en date du 22 avril 1919 :

$$\frac{dT}{d\alpha} = m^2 \frac{CR}{p_0} \frac{nT}{kf(T,\alpha)} [T - T_0 + \alpha(T_0 - \Theta)]. \tag{1}$$

Le nombre de molécules n est une fonction de α. Nous supposerons que la chaleur spécifique C et le coefficient de conductibilité k sont des constantes ([1]). Pour la vitesse de réaction, les lois classiques la présentent comme la différence de deux vitesses en sens inverse. Mais les phénomènes de dissociation étant faibles dans les mélanges explosifs, nous négligerons la seconde vitesse, et, dès lors, la vitesse de réaction à pression constante sera proportionnelle à $\frac{(1-\alpha)^r(b-\alpha)(c-\alpha)}{[n(\alpha)]^s}$ où r et s sont deux entiers positifs, et où b et c (qui peuvent être égaux) sont plus grands que 1, les facteurs $(b-\alpha), (c-\alpha)$ pouvant être d'ailleurs en nombre quelconque. Si nous ajoutons l'hypothèse B, nous pouvons écrire :

$$\frac{d\alpha}{dt} = f(T,\alpha) = AT\frac{(1-\alpha)^r(b-\alpha)(c-\alpha)}{n^s}.$$

Dès lors, (1) devient linéaire en T et peut s'intégrer. Il faut d'autre part que, à l'origine, $\alpha = 0$ et $T = \tau$ et que, à l'infini, le gradient de la température soit nul. Il est facile de voir que cela équivaut aux conditions aux limites suivantes :

Pour $\alpha = 0$,

$$T = \tau. \tag{2}$$

([1]) On pourrait supposer que ces coefficients sont indépendants de la température T, mais sont fonctions de α. Nos raisonnements subsisteraient avec des formules un peu moins simples.

Pour $\alpha = 1$,

(3) $$T = \Theta.$$

Si l'on pose

$$F(\alpha) = \int_0^\alpha \frac{[n(\alpha)]^{s+1}}{(1-\alpha)^r(b-\alpha)(c-\alpha)}\,d\alpha,$$

l'intégrale de (1) qui satisfait à (2) est

$$T - T_0 = e^{-m^2\frac{RC}{Ap_0k}F(\alpha)}\left\{\tau - T_0 + (T_0 - \Theta)\left[-\alpha e^{-m^2\frac{RC}{Ap_0k}F(\alpha)} + \int_0^\alpha e^{-m^2\frac{RC}{Ap_0k}F(\alpha)}\,d\alpha\right]\right\}.$$

Et pour satisfaire à (3), il faut que

(4) $$\int_0^1 e^{-m^2\frac{RC}{Ap_0k}F(\alpha)}\,d\alpha = \frac{\tau - T_0}{\Theta - T_0}.$$

Cette formule permettrait, si cela en valait la peine, par des calculs numériques et graphiques d'ailleurs assez longs, de déterminer m, c'est-à-dire la célérité de la flamme, puisque cette célérité est égale au produit de m par le volume spécifique du fluide où se fait la propagation.

3. On peut tirer de (4) une limite supérieure et une limite inférieure de la célérité.

Limite supérieure. — Soit n' le minimum de $n(\alpha)$ pour α compris entre 0 et 1. On a

$$\frac{[n(\alpha)]^{s+1}}{(1-\alpha)^r(b-\alpha)(c-\alpha)} > \frac{n'^{s+1}}{(1-\alpha)bc}.$$

Donc

$$F(\alpha) > \frac{n'^{s+1}}{bc}\int_0^\alpha \frac{d\alpha}{1-\alpha} = -\frac{n'^{s+1}}{bc}\,\mathcal{L}(1-\alpha).$$

Et (4) donne alors

(5) $$m^2 < \frac{Ap_0k}{RC}\,\frac{bc}{n'^{s+1}}\,\frac{\Theta - \tau}{\tau - T_0}.$$

Limite inférieure. — On a

(6) $$\int_0^1 e^{-m^2\frac{RC}{Ap_0k}F(\alpha)}\,d\alpha > \int_0^{\frac{1}{r}} e^{-m^2\frac{RC}{Ap_0k}F(\alpha)}\,d\alpha.$$

Soit d'autre part n'' le maximum de $n(\alpha)$. On a, pour α compris entre 0 et $\frac{1}{r}$,

$$\frac{[n(\alpha)]^{s+1}}{(1-\alpha)^r(b-\alpha)(c-\alpha)} < \frac{n''^{s+1}}{(1-r\alpha)\left(b-\frac{1}{r}\right)\left(c-\frac{1}{r}\right)}.$$

Donc

$$\mathrm{F}(\alpha) < -\frac{n''^{s+1}}{r\left(b-\frac{1}{r}\right)\left(c-\frac{1}{r}\right)}\,\mathcal{L}(1-r\alpha).$$

Et (4), combinée avec l'inégalité (6), donne

$$(7) \qquad m^2 > \frac{\mathrm{A}p_0 k}{\mathrm{RC}}\,\frac{\left(b-\frac{1}{r}\right)\left(c-\frac{1}{r}\right)}{n''^{s+1}}\left[\frac{\Theta-\tau}{\tau-\mathrm{T}_0}-(r-1)\right].$$

Pour les mélanges sans contraction sensible, quand b et c sont grands et que $r=1$, les limites (5) et (7) coïncident avec la formule de ma Note du 7 avril 1913.

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude des planètes Mars et Jupiter.* Note de M. **Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Mars. — La calotte polaire australe de Mars, en pleine régression, continue de manifester des apparences de désagrégation de plus en plus importantes. Les premières ont été observées à Sétif il y a trois mois, sous forme de larges traînées sombres sillonnant la calotte, mais depuis cette époque on a constaté l'existence dans cette calotte de régions de tonalités très diverses, allant du blanc éblouissant au noirâtre, en passant par le jaune clair plus ou moins terne ou brillant et toute la gamme des gris.

Ces plages de tonalités diverses varient dans leur forme suivant les différentes époques des observations, mais les plages blanches éblouissantes se voient surtout vers Argyre II et vers Novissima Thyle, qui a été le théâtre de phénomènes clairs anormaux très intéressants.

Depuis plus d'un mois nous constatons également des apparences très importantes de désagrégation autour de ces deux dernières régions. Le 25 août, M. G. Fournier me signalait que Novissima Thyle paraissait complètement séparée de la blancheur polaire par une sorte de chenal sombre d'où partait une traînée assombrie gagnant Yaonis Regio à travers Hellespontus. Cette dernière observation est importante, elle nous montre un exemple bien net de la marche rapide vers l'équateur de matériaux sombres, provenant de la désagrégation des matières blanches polaires, de nature inconnue d'ailleurs, mais prenant naissance en bordure des blancheurs pour se propager à travers des régions déjà assombries, appelées *Mare*, bien à tort semble-t-il. Il ne nous est pas possible ici de discuter la

nature de cet élément sombre, mais nous pouvons dire que cette observation ne permet pas de décider entre les deux hypothèses bien connues : Hydrique et Végétative, car toutes deux donnent une explication plausible des faits constatés.

Notons que le processus de la désagrégation de la calotte polaire australe de Mars ne se fait plus en 1924 comme en 1909, époque où cette désagrégation fut suivie pendant plus de six mois avec le plus grand soin à mes deux Observatoires de haute altitude (Revard et Massegros). Nous retrouvons de même des différences très notables entre 1924 et 1909 dans les autres régions du disque. Les anomalies si importantes de la pointe de Mare Cimmerium, vers Æthiops, et aussi l'anomalie récente vers Nectar sur Thaumasia, etc. n'existaient pas en 1909.

Les observations de Sétif sont gênées par la poussière soulevée par le siroco au cours d'une saison dont la sécheresse est désastreuse. Bien rarement put-on utiliser toute la puissance du réfracteur de $0^m,50$ d'ouverture, qui paraît trop grand, en général, pour de pareilles recherches. Néanmoins, quand les bonnes conditions atmosphériques sur Terre ont coïncidé avec celles de la planète Mars (encore plus rares, surtout dans certaines régions martiennes), on a aperçu des détails innombrables, particulièrement dans les régions polaires ou froides, où les images sur Mars sont généralement meilleures. Certaines *Mare* ont dans ces conditions paru formées d'un enchevêtrement inextricable de détails, les uns clairs, les autres sombres.

On a revu la plupart des petits détails déjà notés antérieurement; en particulier Juventa-Fons et les multiples Lacus, ou Palus, formant Phoenicis Lacus, etc.

Jupiter. — Une dépêche de Sétif en date du 27 août signale l'apparition vers 270° de longitude, en pleine perturbation tropicale, d'une plage claire ayant 6",5 de longueur et similaire comme apparence à la *Tache Rouge*. Le 13 juillet cette région avait été dessinée mais la plage claire ne fut pas vue.

ASTRONOMIE. — *Dispositif simple permettant l'observation des troubles optiques de l'atmosphère; application à l'estimation de la définition des images données par les instruments.* Note [1] de M. **Ch. Gallissot**, transmise par M. Hamy.

Les perturbations apportées à la formation des images dans les lunettes et télescopes par les troubles de l'atmosphère ont de tous temps retenu l'attention des astronomes. Ils les ont envisagées parce qu'elles limitent la puissance à donner aux instruments et influent sur la précision des mesures; ils les ont également envisagées en elles-mêmes et cherchées en remontant aux causes à déduire de leur étude les renseignements qu'elles sont susceptibles de fournir sur les mouvements de l'atmosphère. M. G. Bigourdan a donné dans trois Notes successives un exposé très complet de la question, augmenté de références bibliographiques étendues et de résultats personnels importants [2]. Je renverrai à ces publications.

Dispositif. — On substitue à l'oculaire d'une lunette astronomique L une petite lunette *l* sur l'objectif de laquelle on a préalablement disposé un biprisme de Fresnel [3], l'arête du biprisme partageant diamétralement l'objectif. La lunette *l* ainsi armée *est mise au point sur l'objectif* L; elle donne de cet objectif deux images symétriques par rapport à l'arête du biprisme. Pour le but proposé il y a avantage à ce que les deux images empiètent franchement l'une sur l'autre, entre les trois quarts et la moitié. On modifie l'angle du biprisme en conséquence.

L'axe optique de la lunette L étant dirigé sur une étoile, l'arête du biprisme bissectant le faisceau des rayons issus de l'objectif L, la double image de cet objectif apparaît sous forme de deux demi-disques lumineux; ces deux demi-disques sont séparés par une bande sombre A lorsque l'arête

---

(1) Séance du 4 août 1924.

(2) *Les ondulations instrumentales des images: leur variation diurne, annuelle, et leur relation avec l'état général de l'atmosphère* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 415); *Sur la scintillation; comparaison avec les ondulations des images instrumentales célestes* (*Ibid.*, p. 536); *Comparaison de la scintillation et des ondulations instrumentales des images célestes sous diverses influences* (*Ibid.*, p. 579).

(3) Le biprisme est de construction facile: on colle à chaud sur une glace mince à l'aide de baume du Canada une seconde glace coupée en deux; on obtient la surface doublement prismatique en rapprochant les deux morceaux et en serrant les bords sur la première glace pendant le refroidissement.

du biprisme est en deçà du foyer, superposés lorsque l'arête du biprisme est au delà du foyer. Si aucune perturbation n'affecte les rayons incidents, le passage de l'arête du biprisme par le plan local L se manifeste par le passage brusque du sombre au clair ou inversement du clair au sombre de la bande A. Cette particularité permet de déterminer la position du foyer et l'on conçoit incidemment l'utilisation du dispositif pour estimer l'oscillation du foyer le long de l'axe optique.

Observation des troubles optiques. — La lunette oculaire étant disposée de façon que l'arête du biprisme soit dans le voisinage du foyer, plutôt en deçà, on aperçoit très nettement les discontinuités optiques (stries) rencontrées par le faisceau incident sur son trajet. Tout rayon incident parallèle à l'axe optique atteint un des prismes, il atteint l'autre s'il est primitivement dévié et si la déviation n'est pas parallèle à l'arête du biprisme; l'image de la région de l'objectif L touchée par les rayons perturbés apparaît donc dans la bande obscure A. Le dispositif est à rapprocher de celui de Foucault utilisé par Töpler pour l'étude des milieux réfringents troubles. C'est la même expérience modifiée afin d'être d'une application facile et pratique lorsque la source lumineuse est une étoile. L'arête du biprisme joue ici le rôle d'écran partiel; sa forme rectiligne est un avantage; les déviations des rayons perturbés ne sont pas toujours uniformément distribuées autour de la direction incidente; fréquemment il y a des directions privilégiées au point de vue de l'amplitude des déviations et elles peuvent être décelées en faisant tourner la lunette l sur elle-même.

État de l'atmosphère et ondulation des images. — Ce dispositif de réalisation fort simple permet d'aborder l'étude des différentes questions dont les Notes de M. Bigourdan ont fait ressortir l'intérêt et qui sont en étroite dépendance avec les stries, leur formation, leurs dimensions, leur altitude, leur mouvement.

En ce qui concerne l'ondulation des images, il est avantageux de substituer à l'observation de l'image elle-même, celle des rayons qui échappent à la marche normale. La proportion des rayons déviés, la fréquence et la valeur des déviations sont données par l'observation des stries; celle-ci fixe instantanément l'observateur sur l'importance des accidents optiques rencontrés par le faisceau lumineux le long de son parcours et constitue un procédé immédiat pour juger de l'homogénéité et de la stabilité de l'atmosphère à un instant donné.

L'expérience montre que ce sont les accidents optiques les plus près du sol qui influent relativement le plus sur la qualité des images. Le fait est à

rapprocher des variations diurnes des ondulations instrumentales (1).

Les accidents optiques élevés, tout en étant accompagnés de déviations faibles (inférieures à 2″), peuvent donner naissance à une scintillation très sensible pour un observateur éloigné. L'étalement des images dépend de la grandeur des déviations et non de la distance qui sépare l'observateur des accidents qui les provoquent; l'amplitude des variations d'éclat qui caractérisent la scintillation augmente avec cette distance (2). Ceci explique pourquoi la scintillation peut être intense et en même temps la définition des images satisfaisante.

Sous nos latitudes (Lyon), les images sont en moyenne meilleures en hiver qu'en été. L'observation des séries montre que la période qui s'étend de fin septembre à avril est une période de régime stable et régulier par opposition à la période printemps-été. Les maxima d'altitude des séries décelés par l'observation systématique de la scintillation (3) se produisent à deux époques de l'année février-mars et septembre-octobre. Ces faits sont en accord avec les variations annuelles mises en évidence par M. Bigourdan (4).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur quelques applications électro-optiques des relais à arc.* Note (5) de MM. **L. Dunoyer** et **P. Toulon**.

Les relais à arc, dont nous avons indiqué précédemment (6) les propriétés essentielles se prêtent à d'intéressantes applications électro-optiques. On utilise alors non pas directement les variations mêmes du courant redressé, mais celles de l'intensité lumineuse moyenne de la colonne positive.

Plusieurs de ces applications font intervenir une propriété importante de nos relais : la rapidité avec laquelle peuvent se succéder les variations du potentiel de la gaine sans qu'elles cessent de provoquer les mêmes variations du courant moyen qui passe dans l'arc. Nous avons mis cette propriété en évidence par l'expérience suivante. L'arc était alimenté avec du courant à

(1) G. Bigourdan, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 417.

(2) Gallissot, *Thèse de doctorat*, Chap. V, p. 161.

(3) Eugénie Bellemin, *Essai de sondage optique de l'atmosphère effectué à l'Observatoire de Lyon* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1316).

(4) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 418.

(5) Séance du 11 août 1924.

(6) L. Dunoyer et P. Toulon, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 148.

1000 périodes et la gaine avec une tension à 50 périodes par seconde. La lumière de l'arc passait à travers une fente contre laquelle glissait une pellicule photographique en mouvement rapide. Nous avons constaté que la pellicule était impressionnée par groupes de 10 fentes distinctes, chaque groupe étant séparé du suivant par un intervalle égal à la largeur du groupe. Chacune des plages impressionnées correspond à une alternance du courant à 1000 périodes pendant laquelle l'anode est positive, et chaque groupe de plages correspond à une alternance de la tension de gaine à 50 périodes pendant laquelle la gaine est positive. Il nous paraît probable que nous pourrons atteindre des fréquences beaucoup plus élevées. C'est seulement avec ces fréquences que certaines des applications indiquées ci-dessous seront réalisables.

I. *Signalisation optique.* — On conçoit immédiatement le mode d'emploi de notre relai. La tache cathodique étant entretenue par un dispositif convenable, une tension alternative à 50 périodes par exemple est appliquée entre l'anode et la cathode, avec une résistance en série ; la gaine est disposée de manière à ne pas gêner l'émission lumineuse de la colonne positive ; on peut par exemple utiliser celle-ci en bout, comme dans certains tubes pour la spectroscopie ; la source lumineuse sera ainsi plus petite et de plus grand éclat ; un manipulateur morse mettra la gaine en concordance ou en opposition de phase avec l'anode suivant qu'on voudra lancer un signal lumineux ou éteindre l'arc. On pourra ainsi commander le phare ou le projecteur à une distance quelconque par l'intermédiaire d'une simple ligne télégraphique. Il est à remarquer que la dépense d'énergie dans la source sera limitée à la durée même des signaux, contrairement à ce qui a lieu quand on procède par occultation discontinue d'une source constamment alimentée.

Supposons qu'au lieu d'un manipulateur morse on emploie un baudot ou tout autre manipulateur de signaux télégraphiques ultra-rapides. On pourra, au moyen d'une lentille, diriger un faisceau émanant de l'arc vers un poste récepteur, où une seconde lentille le fera converger sur une pellicule photographique en mouvement. Les signaux pourront facilement y être déchiffrés. Le faisceau lumineux paraissant à l'œil parfaitement continu, le dispositif constituera un mode de signalisation dirigée et discrète.

II. *Radiophonie optique dirigée.* — Au lieu de procéder par tout ou rien, nous pouvons utiliser l'influence du déphasage de la gaine sur l'intensité moyenne du courant qui passe dans l'arc. Supposons alors que les propriétés

du relai se conservent pour des fréquences d'alimentation inaudibles. Arrangeons-nous pour que le retard de phase de la gaine soit égal à π, lorsqu'un certain microphone est au repos et soit d'autant moindre que ce microphone est plus violemment excité. Les variations d'intensité de l'arc suivront les variations de hauteur et d'intensité de son reçu par le microphone. Une lentille dirigera un faisceau lumineux émis par l'arc vers le poste récepteur où une seconde lentille le concentrera sur une cellule photo-électrique reliée aux bornes d'une batterie de piles. Le courant photo-électrique, convenablement amplifié par des lampes, excitera un écouteur téléphonique. On téléphonera ainsi du poste émetteur au poste récepteur sans que la communication puisse être soupçonnée par des tiers.

Pour commander le retard de phase de la gaine par les courants microphoniques d'émission, on pourra employer le montage suivant. Un enroulement secondaire spécial du transformateur d'alimentation sera placé en série avec une résistance AB et avec une bobine de self telle que le courant circulant dans cette résistance soit en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur le courant d'alimentation. L'extrémité A de cette résistance sera en opposition de phase avec l'anode. Elle sera également reliée, par l'intermédiaire d'une autre résistance, à la gaine et à la plaque d'une lampe triode. L'autre extrémité B de la résistance AB sera reliée au filament de la lampe et à une extrémité du secondaire du transformateur téléphonique dont l'autre extrémité sera reliée à la grille de la lampe. Le schéma des tensions permet de voir que le retard de phase de la gaine est d'autant plus faible que les courants microphoniques sont plus intenses [1].

III. *Enregistrement et reproduction de la parole.* — Supposons qu'on emploie le même montage, mais qu'au poste récepteur (qu'il serait en ce cas inutile d'éloigner) on remplace la cellule photo-électrique par une bande photographique en mouvement comme ci-dessus en I. Les groupes d'images successives de l'arc seront enregistrés, plus serrés pour les sons aigus, plus intenses pour les sons forts. On fera ensuite défiler cette bande entre une source de lumière et une cellule photo-électrique; les courants engendrés dans cette cellule seront envoyés dans un haut-parleur après amplification, soit par des lampes, soit par notre relai. Si une scène a été en

---

[1] Il est à remarquer que ce système de modulation peut être réalisé avec des lampes à trois électrodes et permettre également d'obtenir une énorme amplification de courants téléphoniques.

même temps cinématographiée sur la bande, il y aura synchronisme automatique entre les gestes et le discours.

IV. *Téléphotographie et télévision.* — Le même montage peut encore servir, mais on remplace le microphone par une cellule photo-électrique excitée par le faisceau explorateur de l'image à transmettre. Ces courants se traduisent comme ci-dessus par des variations d'intensité du relai à arc placé cette fois au poste récepteur. La lumière de l'arc est concentrée en un faisceau sur l'écran récepteur.

Ce dernier faisceau et le faisceau explorateur de l'image à transmettre sont orientés par des mécanismes rigoureusement synchrones et tels que le point où converge le faisceau sur l'écran récepteur soit toujours exactement homologue du point exploré sur l'image à transmettre.

V. *Réception optique de signaux radioélectriques.* — Les dispositifs ci-dessus supposent que le relai fonctionne encore sous de hautes fréquences. Nous terminerons par une application plus simple déjà réalisée et dans laquelle le relai à arc est également placé au poste récepteur. Nous avons vu déjà qu'il est facile d'exciter la gaine par télégraphie sans fil. Une émission de signaux morses se traduira donc au poste récepteur par des allumages et des extinctions qui permettront de remplacer la lecture au son par la lecture à la vue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la pression de vapeur saturante des mélanges de chlorures de potassium et de sodium.* Note [1] de MM. **L. Hackspill** et **R. Grandadam**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Peu de mesures ont été faites jusqu'ici, de la pression de vapeur des sels à l'état de fusion.

Bunsen en 1866 a comparé la volatilité relative de certains d'entre eux par évaluation de la perte de poids subie en un temps déterminé à la température du brûleur à gaz auquel il a donné son nom; mais ces recherches ont uniquement un caractère qualitatif, de même que celles publiées en 1897 par Northon et Roth [2].

Des mesures plus précises ont été faites pendant et après la guerre aux États-Unis. Elles ont porté sur les sels de potassium et avaient pour but de

---

(1) Séance du 25 août 1924.

(2) Northon et Roth, *Journ. of the Amer. Chem. Soc.*, 1897, p. 327.

déterminer les conditions les plus favorables à la récupération de la potasse dans les fours à ciment et les hauts fourneaux. C'est ainsi que D. Jackson et J. J. Morgan (1) ont déterminé jusqu'aux environs de 1000°, la densité de vapeur saturante de l'hydroxyde, de l'oxyde, du carbonate, du sulfate, du silicate et du chlorure de potassium en se servant d'une méthode dynamique indiquée par Wartenberg. On peut aisément calculer les tensions de vapeur à partir des nombres obtenus, mais en faisant une hypothèse sur le poids moléculaire.

Nous avons pensé qu'il pourrait être utile de faire des mesures du même genre sur des mélanges de chlorure de potassium et de chlorure de sodium et sur la silvinite d'Alsace.

Pour diverses raisons nous avons préféré à la méthode de Wartenberg l'ébullition sous une pression déterminée d'azote.

Le fer et le nichrome étant légèrement attaqués par les chlorures alcalins, nous avons opéré dans un creuset en graphite Acheson maintenu dans un tube de porcelaine placé verticalement et capable de tenir le vide au rouge vif. Un couple platine-platine rhodié plongeant dans le sel fondu donnait la température à environ 2° près. Le chauffage était réalisé à l'aide d'un fil de nichrome de 4mm de diamètre parcouru par un courant d'intensité variable. On peut de cette manière atteindre 1200° sans que le fil s'oxyde trop rapidement, ce qui n'est pas le cas avec les fils fins généralement utilisés. La constance de la pression était obtenue au $\frac{1}{10}$ de millimètre de mercure grâce à un ballon de verre servant de réservoir régulateur et à un jeu de robinets. Cette constance était constatée sur un manomètre tronqué observé à l'aide d'un cathétomètre, et la pression mesurée à l'aide d'une jauge de Mac Leod.

Dans toutes les expériences, la pression étant fixe, la température s'élevait progressivement jusqu'à un point où elle restait constante. Lorsque cette constante avait été observée pendant 15 minutes, ce palier était considéré comme point d'ébullition du sel ou du mélange de sels contenu dans le creuset.

Voici par exemple les résultats obtenus avec le chlorure de potassium pur :

Pression (mm de Hg)..	1	2,4	3,5	5	6,2	8,1	10,8
Température.........	830°	868°	890°	920°	940°	970°	994°

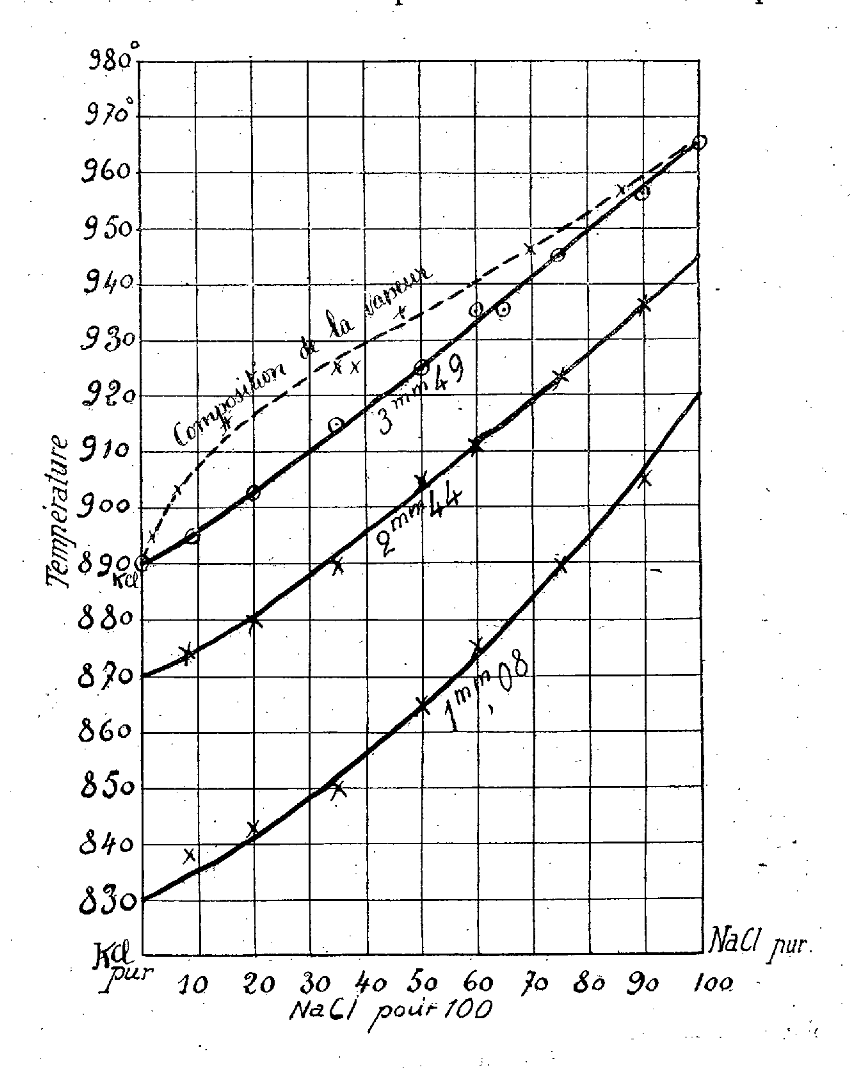
Nous avons pris comme points de repaire les températures de fusion suivantes : P. F. de KCl, 770° ; de NaCl, 800° ; de K^2SO^4, 1068°.

Les tensions de vapeur calculées par Jackson et Morgan d'après les densités, sont un peu supérieures : 1mm,5 à 800° et 8mm,3 à 945°.

(1) D. Jackson et J. J. Morgan, *Journ. Indust. and Engen Chem.*, t. 13, 1921, p. 110.

La concordance peut cependant être considérée comme très satisfaisante, étant données les difficultés inhérentes à ce genre de mesures.

Les résultats obtenus avec les mélanges de chlorure de potassium et de chlorure de sodium sont résumés par les courbes ci-dessous qui donnent



les températures d'ébullition en fonction de la composition pour trois pressions différentes : $3^{mm},49$, $2^{mm},44$, et $1^{mm},08$. La courbe en pointillé représente la composition de la vapeur pour la pression $3^{mm},49$.

Un échantillon de silvinite, provenant de la mine Amélie et titrant 65 pour 100 de KCl, a fourni des points qui sont venus se placer sensible-

ment sur les trois courbes; la composition correspondante de la vapeur étant 85 pour 100, et le mélange à 85 donnant une vapeur à 95 pour 100, on voit qu'il serait possible de séparer les deux chlorures par distillation fractionnée dans un appareil possédant quelques plateaux seulement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration du chloroforme.* Note (1) de MM. **H. Gault** et **R. Truffault**, transmise par M. A. Haller.

La chloruration directe du méthane donne lieu, lorsqu'on opère sans précautions spéciales, à la formation de tous les dérivés chlorés qui peuvent prendre naissance par substitution du chlore à l'hydrogène. Nous avons pensé qu'il serait utile de reprendre séparément l'étude de chacune des chlorurations partielles.

Nous avons cherché à préciser les conditions dans lesquelles la chloruration du chloroforme (2) s'effectue à la lumière, en faisant varier successivement les trois facteurs principaux qui jouent un rôle dans la chloruration : longueur d'onde de la lumière, température et catalyseurs.

D'une manière générale, nous n'avons pu constater dans aucun cas la formation, en quantité appréciable, de produits autres que le tétrachlorure de carbone. L'analyse du produit de réaction est, dans ces conditions, particulièrement facile; en effet, l'acide chlorhydrique formé s'élimine de lui-même à l'état gazeux en raison de sa faible solubilité dans le chloroforme; l'excès de chlore étant absorbé, soit par le mercure, soit par l'anhydride arsénieux, il ne reste donc qu'un mélange de chloroforme et de tétrachlorure de carbone, dont on peut déterminer la composition, soit par la densité, soit par l'indice de réfraction. Nous avons vérifié que les courbes donnant la densité et l'indice de réfraction en fonction de la composition sont sensiblement des droites; on peut par conséquent, connaissant la densité ou l'indice de réfraction du mélange, déduire immédiatement sa composition.

A. *Action de la lumière.* — Nous avons fait cette étude en interposant divers écrans colorés entre la source lumineuse (soleil ou arc électrique) et le chloroforme à chlorer. La réaction n'a pas lieu à l'obscurité. La lumière visible de grande longueur d'onde n'a aucune influence jusque $\lambda = 639$ (3) (lumière rouge, écran au chromate de potassium).

---

(1) Séance du 18 août 1924.

(2) Regnault, *Ann. Ch. et Phys.*, 2e série, t. 71, 1839, p. 377.

(3) Comparer Job et Emschwiller, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 52.

La réaction commence dans le violet. Mais elle est encore faible au-dessus de $\lambda = 400$ (écran de sulfate de quinine). Au contraire, elle est très vive dans le début de l'ultraviolet, $\lambda = 300$ à 340 (lumière du soleil ou de l'arc électrique dans des appareils en verre).

B. *Action de la température.* — Nous avons étudié l'action de la température à la lumière de l'arc au charbon dans des appareils de verre. La chloruration n'a pas lieu dans le chlore liquide. Avec le chlore gazeux, elle commence vers — 5°. Elle est encore faible à 0°. Elle devient vive entre + 5° et + 10°.

C. *Action des catalyseurs.* — Nous avons surtout étudié l'action du perchlorure de fer en faisant passer dans le chloroforme un courant de chlore rapide (8^l à 10^l à l'heure), à différentes températures et à la lumière de l'arc électrique.

En prenant ensuite l'indice de réfraction du produit de chloruration et en le soumettant à la distillation, nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *Sans perchlorure de fer.* — La chloruration du chloroforme est totale, pourvu que l'on fasse passer le chlore pendant un temps suffisamment long. On obtient exclusivement du tétrachlorure de carbone (indice de réfraction : 1,4610 ; point d'ébullition : 76°,5).

2° *En présence de perchlorure de fer.* — Quelles que soient les conditions expérimentales dans lesquelles on se place, à la température ordinaire ou à température plus élevée (jusqu'à 60°, température d'ébullition du chloroforme), il n'y a pas de chloruration et l'on retrouve intégralement le chloroforme inattaqué (indice de réfraction $n = 1,4457$; point d'ébullition : 61°).

Quel est le rôle du fer dans cette réaction? On peut faire au moins trois hypothèses :

a. Le perchlorure de fer étant un déshydratant énergique, agit en supprimant toute trace d'eau dans le chloroforme, ce qui pourrait avoir une influence sur la chloruration, la présence d'eau favorisant dans certains cas la formation d'acide chlorhydrique.

Nous avons, en conséquence, repris nos essais en employant d'autres catalyseurs, déshydratants tout aussi énergiques que le perchlorure de fer. Nous avons employé le chlorure de calcium, le chlorure de zinc, et surtout le chlorure d'aluminium. Dans tous les cas, la chloruration se produit, contrairement à ce que l'on observe avec le perchlorure de fer. Avec le chlorure d'aluminium, après cinq heures de passage du courant de chlore, le produit brut de chloruration renferme plus de 80 pour 100 de tétrachlorure de carbone.

b. Le perchlorure de fer pourrait, d'autre part, agir en donnant avec le chloroforme une combinaison chimique qui ne se laisserait plus chlorer. Au cours de nos essais, nous n'avons jamais observé aucun fait qui puisse confirmer cette seconde hypothèse.

c. Enfin, le rôle du perchlorure de fer peut tout simplement se ramener à une absorption des radiations actives qui favorisent la chloruration. C'est ce que nous avons cherché à mettre en évidence en essayant de chlorer le

chloroforme en l'absence des radiations absorbées par le perchlorure de fer.

1° Nous avons interposé entre le chloroforme et la source lumineuse un écran constitué par une solution de perchlorure de fer tout d'abord dans l'eau, puis dans le chloroforme.

Dans les deux cas, le chloroforme reste inattaqué.

2° Nous avons fait ensuite un essai en employant, non plus une solution saturée de perchlorure de fer, mais une solution très étendue et, par suite, faiblement colorée. Dans ce cas, la chloruration se produit et après trois heures de passage de chlore, le chloroforme renferme déjà 15 pour 100 de tétrachlorure de carbone.

3° Nous avons enfin dissous directement dans le chloroforme un colorant inattaquable par le chlore, le jaune algol, qui donne lieu sensiblement à la même absorption que le perchlorure de fer. Nous avons constaté que si la chloruration n'est pas tout à fait arrêtée, comme dans le cas du chlorure ferrique, elle est cependant considérablement diminuée. Après un passage de chlore prolongé pendant 6 heures, on observe la formation de 18 pour 100 de tétrachlorure de carbone seulement alors que, dans le même temps et en l'absence de jaune algol, tout le chloroforme est déjà transformé.

Nous pouvons donc déduire de ces essais la conclusion suivante : Si la chloruration du chloroforme est entravée par la présence de perchlorure de fer, cela semble dû, non pas à l'action déshydratante de ce composé, ni à son action chimique sur le chloroforme, mais bien au fait que ses solutions sont colorées et absorbent les radiations lumineuses qui déterminent la chloruration à cette température.

En résumé, la chloruration du chloroforme est activée, non pas par les catalyseurs que nous avons étudiés, mais par la température et surtout par les radiations lumineuses à partir du début de l'ultraviolet.

LITHOLOGIE. — *Les bostonites et camptonites de l'Yemen.* Note (1) de M. David Rotman-Roman.

1. Des bostonites affleurent en diverses places dans l'Yemen entre Obal et Oussil (région Hodéida-Sanaa). Elles forment des filons dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 2^m.

A. Les *bostonites quartzifères* (El Birar, Obal) sont des roches compactes finement grenues, de couleur gris clair jaunâtre ou verdâtre, tachetées de noir. Elles sont constituées par des microlites de feldspath, un peu

(1) Séance du 11 février 1924.

moins de quartz, une quantité variable de biotite microlitique et beaucoup moins d'ilménite et de magnétite. La biotite verte, un peu chloritisée, forme une poussière fine qui imprègne toute la roche. Ces roches ont une structure trachytique, parfois un peu divergente. Les microlites feldspathiques sont l'orthose et l'albite de formation postérieure, elle corrode en effet l'orthose en la cicatrisant et en remplaçant parfois toute la partie centrale de ses cristaux dont il ne reste qu'une mince zone. Le reste de l'albite a cristallisé ensuite simultanément avec une dernière formation d'orthose. Les contours des feldspaths ne sont pas géométriques; ils ont l'aspect trouble, à cause de fines inclusions de mica et de quartz logées le long des clivages; enfin, ils sont parfois associés poecilitiquement au quartz. Ce dernier s'individualise aussi en biseaux le long des clivages du feldspath, ou en coin entre les microlites du feldspath, là où ils divergent.

Voici la composition chimique de cette roche (D[r] N. Metta). Densité : 2,740.

SiO^2	59,98
Al^2O^3	14,42
Fe^2O^3	9,94
FeO	2,47
TiO^2	0,09
P^2O^5	0,80
MnO	0,82
MgO	0,59
CaO	1,11
K^2O	5,72
Na^2O	4,13
P. a. f.	0,69
	100,76

2. Les *Bostonites albitiques quartzifères* (Wadi Chotba et Djebel Safassaf, Hadjela) sont de couleur vert foncé olive, elles sont constituées par une pâte finement grenue dans laquelle sont disséminés des phénocristaux (3^{mm}), d'albite, beaucoup moins de quartz et de biotite verte. La structure passe de la trachytique à l'andésitique. Les phénocristaux de plagioclase ont la composition d'une albite à 5-7 pour 100 An. Ils se présentent en prismes de 3^{mm} de longueur et de 1^{mm} de largeur, maclés suivant la loi de l'albite et de Carlsbad. Ils renferment des nombreuses inclusions de muscovite en paillettes disséminées ou en bouquets, ce qui trahit une teneur primordiale importante en potasse; à signaler aussi des inclusions de magnétite et de fins prismes d'apatite. La partie feldspathique de la pâte est une association de microlites d'orthose et d'albite englobant du mica microlitique; l'intervalle des microlites divergents de feldspaths

est rempli par du quartz et des paillettes de biotite. Par places, celle-ci associée à des petits grains de magnétite et à très peu d'apatite formant des nids de 1-2mm de diamètre.

Voici la composition de cette bostonite (Dr N. Metta). Densité : 2,657 :

SiO^2	56,90
Al^2O^3	13,28
Fe^2O^3	10,17
FeO	2,51
P^2O^5	0,12
MnO	0,98
MgO	0,61
CaO	6,65
K^2O	3,05
Na^2O	4,46
P. a. f.	0,71
	99,44

3. Les *bostonites albitiques* sont compactes, finement grenues, de couleur gris brunâtre, finement tachetée de blanc; elles renferment des phénocristaux tabulaires (jusqu'à 3mm de longueur et 1mm d'épaisseur) d'une albite à 5 pour 100 An; ils sont maclés seulement suivant la loi de l'albite. La pâte a une structure trachytique, à tendance fluidale. Elle est constituée par des microlites très fins d'albite parfois cerclés d'orthose faculée d'anorthose et enfin d'orthose pure.

Les microlites d'albite renferment des fines inclusions de muscovite de magnétite partiellement transformée en hématite, et enfin beaucoup d'aiguilles fines d'apatite; à signaler enfin une quantité insignifiante de quartz xénomorphe. Voici la composition de cette roche (Dr N. Metta) :

SiO^2	64,50
Al^2O^3	15,08
Fe^2O^3	5,64
FeO	0,41
P^2O^5	0,85
MnO	0,80
MgO	0,61
CaO	2,25
K^2O	3,04
Na^2O	7,27
P. a. f.	0,32
	100,77

B. Dans le Djebel Mehrak (Hadjela) non loin de quelques-unes des bostonites, on rencontre des filons de basaltes, pouvant, au point de vue génétique, être considérés comme l'équivalent de *camptonite*, complément basique lamprophyrique des premières. Elles sont dépourvus d'amphibole, peut-être parce que le feldspath est, lui aussi, plus basique que celui des camptonites habituelles. Ce sont des roches compactes, de couleur noire un peu grisâtre renfermant de nombreux phénocristaux d'augite titanifère et d'olivine (jusqu'à 2^{mm} en diamètre). La pâte montre la structure caractéristique des basaltes et est constituée par deux générations de plagioclases, beaucoup de pyroxène et fort peu d'olivine. Les cristaux d'augite sont frais, maclés, zonés, polychroïques et très dispersifs. L'olivine est partiellement serpentinisé. Il y a dans la pâte deux générations de feldspath microlitique. Les microlites de la première génération appartiennent au labrador bytownite à 75-80 pour 100 An : ils sont très fins ($0^{mm},5$ de longueur et $0^{mm},2$ de largeur) maclés suivant les lois de l'albite et Carlsbad avec la macle de la péricline; ils sont entourés d'une seule zone à contour flou dont la composition s'abaisse jusqu'à 60 pour 100 An. Ils contiennent beaucoup d'inclusions de microlites d'olivine. Les microlites de la deuxième génération de la pâte sont beaucoup plus petits et ont la composition de la zone la plus acide des microlites de la première génération. Ils sont maclés surtout suivant les lois de l'albite, de Carlsbad. La magnétite est abondante dans la pâte, mais elle se rencontre aussi en phénocristaux. L'ordre de la cristallisation est le suivant : phénocristaux de pyroxène, de magnétite et d'olivine; le pyroxène a continué à cristalliser même après que la deuxième génération du plagioclase de la pâte eut commencé à s'individualiser. La formation des phénocristaux d'olivine a cessé avant la fin de celle du pyroxène.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la géologie du Tibesti-Djado-Kaouar.* Note [1] de M. **M.-E. Denaeyer.**

Deux ans de séjour au Tibesti, au Djado et au Kaouar (1921-1922) ont permis au capitaine Rottier de publier récemment une étude d'ensemble de ces pays [2] et d'y récolter, principalement dans l'ouest du Tibesti, une

(1) Séance du 25 août 1924.

(2) Rottier, *Le Sahara Oriental. Considérations générales* et Chap. I, *Le pays* (*B. C. Afr. Fr.*, *Rens. Col.*, n° 1, 1924, p. 1-14, carte).

collection de roches et de minéraux qui a été remise au Muséum d'histoire naturelle.

Les grès qui forment l'assiette de ces contrées ne diffèrent pas en général de ceux qui ont été décrits précédemment (¹). Il faut cependant signaler l'existence de grès à ciment calcaire dans la falaise qui limite, à l'Ouest, la plaine d'Ouantogoy et d'un tuf calcaire fossilifère au pied d'une coulée de lave de la partie occidentale de l'Ouantogoy, sur la route de Wour à Bonwa; les fossiles en sont malheureusement indéterminables.

Toute la région située entre l'enneri Turkou-Sadaouélou à l'Ouest, la route Madiqué-Oufoudou-Bardaï au Sud, l'Aouzou à l'Est et le désert au Nord est constituée par une arkose-grès de couleur grise, en couches fortement plissées, traversées de nombreux filons de quartz de 2^{cm} à 10^{cm} d'épaisseur. Cette formation confère au pays un visage très tourmenté, sillonné d'innombrables torrents. Cette arkose-grès est formée de quartz dominant et de feldspaths divers : orthose, microcline et plagioclases. Ces éléments de taille variable sont réunis par une pâte où entre du quartz micro- et crytocristallin, des paillettes de muscovite et de chlorite et des grains d'épidote. Le quartz présente des extinctions onduleuses et les paillettes de mica sont tordues. Ces terrains procèdent certainement de la destruction d'un massif granito-gneissique primitif. Leur plissement est vraisemblablement contemporain de la surrection des Saharides. Le capitaine Rottier n'indique malheureusement pas les relations de ces couches plissées avec les grès horizontaux, mais il semble bien que c'est à cette région que se réduit finalement le massif cristallin visible du Tibesti. Il faut lui rattacher un filon de pegmatite altérée affleurant dans l'enneri Oderaoua à 10^{km} au sud-ouest de la palmeraie d'Abo, sur 150^{m} de longueur et 10^{m} de hauteur, à la base de falaises formées de grès à ciment de limonite dans lesquels l'enneri s'est creusé un lit de 150^{m} à 200^{m} de profondeur. Un affleurement identique existe sur 50^{m} de long et 5^{m} à 6^{m} de haut dans la palmeraie de Madiqué au bas des rives de l'enneri.

Les laves de l'Emi Koussi et de la partie orientale du Tibesti sont bien connues (²). Le capitaine Rottier a rapporté, à l'appui de ses observations nouvelles (³), des rhyolites et des basaltes. Les grès ferrugineux de la palmeraie d'Oufoudou supportent une coulée de rhyolite de 40^{m} à 50^{m} d'épaisseur et de 500^{m} de long affleurant aux rives de l'enneri du même

---

(¹) A. Lacroix et Tilho, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1169.
(²) A. Lacroix et Tilho, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1237; t. 169, 1919, p. 402.
(³) Rottier, *loc. cit.*, p. 7 et 8.

nom. C'est une rhyolite alcaline, riche en microlites de riebeckite. La pâte est silicifiée, à vacuoles garnies de quartzine microsphérolitique; les lithophyses renferment des sphérolites négatifs assez volumineux et parfois des prismes de riebeckite. La surface de la coulée est couverte de tufs et de ponces de même nature. Les mêmes produits de projection, émis par les volcans de la région d'Abo, s'accumulent sur plusieurs kilomètres d'étendue et 20^m à 25^m d'épaisseur dans la direction des régions d'Ouantogoy, Bardaï et Tao. Dans l'Ouantogoy on trouve des fragments d'obsidienne blanche et noire; cette dernière montre au microscope un verre grisâtre avec trichites et quelques cristallites feldspathiques. A haute température, elle ne dégage que très peu d'eau; sa densité 2,458 et son indice 1,494 en font une obsidienne rhyolitique ([1]); sa teneur en soude est élevée.

Les basaltes sont du type andésitique à silice saturée. Les uns renferment des phénocristaux de labrador (confluent des enneris Madiqué et Soouarnaoua) ou d'andésine basique (flanc d'un ancien cratère de l'Arma Goumri, coulée de 250^m de long et de 2^m à 2^m,50 de haut), les autres, des phénocristaux d'olivine. Ces dernières roches forment le piton d'Oudoufou et les coulées descendant du Tii vers Oudoufou et Ouantogoy; on les trouve encore, en blocs isolés, dans tous les champs de cailloux qui couvrent les vallées de la région d'Abo (régions de Gobredoï, Ouantogoy, Oudoufou).

Le sol de la palmeraie de Bonwa renferme du natron qui fut le seul sel que les habitants d'Abo emploient pour leur alimentation; la thénardite existe dans le trou à natron de la caldeira de Tidichi, ainsi que dans l'oasis de Seggueddin.

De la calcite cristallisée et fibreuse a été récoltée dans la cuvette de Mabrous. Le sol de cette cuvette est constitué, sur une profondeur de 4^m à 5^m, par du gypse pulvérulent contenant un peu de célestine, quelques frustules de diatomées et des grains clastiques de quartz, de zircon et de tourmaline. Le gypse est aussi présent dans l'oasis de Zao Koura.

Le sol des oasis de Bilma, d'Agram, de Zao Koura et de Djado est formé d'une « argile » qui est, en réalité, une *vase quartzeuse à diatomées*. Les grains de quartz sont anguleux, bien calibrés, de 0^{mm},07 en moyenne. L'existence de ce sédiment vient à l'appui de l'hypothèse du capitaine Rottier sur l'origine lacustre de ces oasis ([2]).

([1]) La densité un peu faible est due à de nombreuses inclusions gazeuses. L'indice de réfraction a été mesuré en lumière jaune (sodium) par la méthode à immersion (M. Gaubert).

([2]) Rottier, *loc. cit.*, p. 13 et 14.

Enfin cet officier m'a communiqué une coupe de la falaise qui domine à l'Est l'oasis du Kaouar entre Bilma et Aney. On relève de la base au sommet : 1° 80m de grès à ciment calcaire; 2° 20m de grès à ciment quartzeux; 3° 5m de latérite (*s. l.*). On se souvient que c'est au sud de Bilma que le colonel Monteil a trouvé un Oursin maestrichtien, le *Noetlingia Monteili* V. Gauthier (1) et que Rohlfs a vu des grès portant des empreintes d'Ammonites (2).

GÉOLOGIE. — *Classification du Quaternaire du nord de la France et comparaison avec le Quaternaire danois.* Note (3) de M. **Georges Dubois**, transmise par M. Ch. Barrois.

Les formations quaternaires du nord de la France peuvent être groupées en cinq étages établis sur la distinction de cycles sédimentaires marins successivement emboîtés l'un dans l'autre, selon le principe proposé par M. Ch. Depéret en 1918. Les dénominations admises ici pour les quatre plus anciens d'entre eux sont celles de M. Depéret. Le cinquième cycle sédimentaire n'offre encore que sa phase positive ou transgressive qui a commencé un peu avant la fin des temps « pleïstocènes » pour se continuer à travers les temps « holocènes », jusqu'au cours du moyen âge. Cette phase transgressive, au cours de laquelle la ligne de rivage s'est élevée dans nos contrées de l'altitude — 30 à l'altitude actuelle zéro, est connue depuis les travaux de M. Rutot (4) sous le nom de transgression *flandrienne*. Le terme *Flandrien* a été créé par MM. Rutot et Van den Broeck (5) pour les sables des Flandres déposés au cours de cette transgression. J'ai donc employé ce terme pour désigner le cycle de sédimentation le plus récent en l'étendant aux formations historiquement datées de la plaine maritime et aux dépôts actuels qui ne peuvent en être séparés, par application du principe rationnel de classification de M. Depéret.

---

(1) A. de Lapparent, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 188.

(2) G. Rohlfs, *Petermann's Mitt.*, Ergänzungsheft 25, 1868.

(3) Séance du 11 août 1924.

(4) Rutot, *Les origines du Quaternaire de la Belgique* (*Bull. Soc. Belg. Géol.*, *Bruxelles*, t. 11, 1897. Mém. 140 pages).

(5) Rutot et Van den Broeck, *Note sur la nouvelle classification du terrain quaternaire dans la Basse et Moyenne Belgique* (*Bull. séances Soc. Malac. Belg.*, 1885, p. LXXIX).

Oscillations princip. de la ligne de rivage	Classification générale		Flandre — Facies marin	Flandre — Facies continental	Wissant	Picardie — Facies marin	Picardie — Facies continent.	Divers types de Normandie Bretagne Poitou	Principaux limons du Nord de la France	Danemark	Glaciations
+	Flandrien	Assise de Dunkerque	Sables à *Cardium* postgalloromains	Tourbes et marnes calcaires à Limnées	Sables tourbeux de Hte Sombre	Sables à *Cardium* du Crotoy; Sables du Marquenterre	Tourbes	Cordons littor. de Cherrueix et St-Michel en l'Herm (S.)	Limons dits de lavage	A. à *Mya arenaria*	
		Assise de Calais	Cordon littoral des Pierrettes; Sables gris bleu	Tourbes	Tourbe submergée	Cordon littoral de Bel-Air; Argile de polder; Sables gris	Tourbes et tufs calcaires	Cordons litt. du Marais poitevin		A à *Tapes*: sup. à *Dosinia*; inf. (Litorinasænkning)	
		Assise d'Ostende	Sable de Leffinghe; Sable d'Ostende; Couches de Coquelles à *E. primigenius*	Tourbe de Coquelles; Tourbes du Dogger Bank	Diluvium de Hte Sombre	Argile de polder; Sables et galets du fond de la Plaine maritime	Tourbe; Sables et galets fluviatiles		Limons récents (ergerons)	Tourbe (A. à *Ancylus*) A. de Nörre Lyngby A. à *Zirphæa*; Senglacial	
− / +	Monastirien		(?) Galets de Ft Château; Plage suspendue de Sangatte, Coulogne, Attaques.		Couches fluvio-marines de Petit-Phare	Galets du Crotoy (Pruques); Sables de Menchecourt à *C. fluminalis*	Graviers de Montières à *E. primigenius*	Plage susp. du Catel; Nombreuses pl. suspendues de Bretagne	Limons anciens: Limon rouge à *E. primigenius*	Etage de Skaerumhede	Würm
− / +	Tyrrhénien		Sable jaune de Ghyvelde		Diluvium fluviatile du niveau de 30 m.		Graviers de St-Acheul à *E. antiquus*		Limons anciens: Loess ancien de la Somme; Limon de St-Acheul à *E. antiquus*	Eemien A. de Vognsböl A. d'Esbjerg	Riss
− / +	Milazzien						Graviers de la Ferme de Grâce			Préglaciaire	Mindel
− / +	Sicilien						Diluvium des plateaux				(Günz) ?

J'ai été amené, au cours de six années de recherches dont les résultats successifs ont été communiqués de 1919 à 1923 à la Société géologique du Nord (1), à diviser le Flandrien ainsi défini en trois assises : ass. inf. d'*Ostende* à faune marine riche en types émigrés; — ass. moyenne de *Calais* à faune marine voisine de la faune actuelle; — ass. sup. de *Dunkerque* à faune marine actuelle (y compris *Mya arenaria*).

La position stratigraphique des différentes couches quaternaires du nord de la France est indiquée dans le tableau ci-contre.

J'y ai fait figurer pour mémoire celle de quelques variétés de limons; mais il y a lieu de remarquer à ce propos que le caractère lithologique d'un limon n'apporte aucune indication précise sur l'âge de celui-ci.

On trouve dans le Tyrrhénien l'industrie paléolithique ancienne ou archéolithique à types chelléen et acheuléen dominants; — dans le Monastirien et le Flandrien inférieur, l'industrie archéolithique à type moustérien dominant; — dans le Flandrien inférieur, différentes variétés d'industrie paléolithique récente et dans le Flandrien moyen les industries néolithimétalliques.

J'ai pu retrouver dans la région scandinave, et plus spécialement en Danemark, que j'ai visité sous la conduite de MM. Madsen, Nordmann et A. Jessen, les équivalents stratigraphiques du Tyrrhénien, du Monastirien et du Flandrien. J'ai pu y relever d'autre part les traces des oscillations du niveau marin décrites dans la région atlantique de l'Europe (2). Mais ces oscillations s'y interfèrent avec des mouvements propres du domaine scandinave qui en Slesvig sont à peine indiqués, sont plus nets en Jutland et en Vendsyssel et masquent complètement les oscillations générales du niveau marin dans la péninsule scandinave.

J'ai pu noter enfin grâce aux relations stratigraphiques des formations glaciaires et interglaciaires en Danemark que les phases glaciaires ont été sensiblement synchroniques des oscillations générales négatives du niveau marin.

---

(1) *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 44, 1919, p. 69, 82, 90, 100, 103; t. 45, 1920, p. 82-89; t. 46, 1921, p. 9, 24, 40, 67; t. 47, 1922, p. 11, 77, 83, 114, 117; t. 48, 1923 (en cours de publ.), et *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. 8, 1924, 357 pages, 41 fig. texte, 6 planches.

(2) A noter, en particulier, que la phase moyenne de l'oscillation positive flandrienne correspond au *Litorinasænkning* ou affaissement de la période à Littorines.

BOTANIQUE. — *Genres nouveaux de Bambusées malgaches.*
Note de M[lle] **Aimée Camus**, présentée par M. H. Lecomte.

Les Bambous de Madagascar n'avaient été que fort peu étudiés jusqu'ici et les espèces connues se réduisaient à une seule pour chacun des genres *Schizostachyum*, *Cephalostachyum*, *Nastus* et *Ochlandra*.

Grâce aux belles collections récoltées par M. Perrier de la Bâthie et données au Muséum, j'ai pu distinguer : deux *Arundinaria*, un autre *Schizostachyum*, un *Ochlandra*, plusieurs *Cephalostachyum* et *Nastus*, et trois nouveaux genres, les genres *Perrierbambus*, *Pseudocoix* et *Hickelia*.

Il est assez curieux de noter que toutes les espèces de Bambusées malgaches sont endémiques, alors que la plupart des autres Graminées sont bien plus largement distribuées.

Beaucoup de ces Bambusées malgaches proviennent de la riche région montagneuse (de 1500 à 2400^{m}) et si un certain nombre appartiennent à des genres dont l'aire de distribution est assez large, les genres *Nastus*, *Perrierbambus*, *Hickelia* et *Pseudocoix* sont propres à Madagascar et aux îles voisines.

Le genre *Pseudocoix* A. Camus, à inflorescence penchée, subspiciforme, rappelle à maturité l'inflorescence fructifère des *Coix*, par ses glumelles ventrues, très lisses et très luisantes.

La diagnose du genre *Pseudocoix* est la suivante :

Bambusa subscandentia, elongata. Spiculæ breviter pedicellatæ vel subsessiles, ventricosæ, 2-3 *floræ, floribus* 1-2 *inferioribus sterilibus, supremo perfecto hermaphrodito. Glumæ steriles* 2-3, *concavæ, acuminatæ vel cuspidatæ, multinerviæ. Rachilla supra glumam floriferam superiorem producta. Fl. inf.* : *glumella concava, cuspidata, dorso nitida, glabra, demum ventricosa, multinervia. Fl. sup.* ☿ : *glumella ovata, longe cuspidata, concava, dorso nitida, demum ventricosa, multinervia; palea ovata, obtusa, demum inflata, ecarinata, dorso sulcata, nitida, parinervia. Lodiculæ* 3, *majusculæ, elongatæ, ovatæ, apice ciliatæ. Stamina exserta; filamenta libera. Ovarium oblongum, apice hirsutiusculum. Styli* 3, *elongati, tomentosi. Stigmata exserta. Fructus ovoideus, basi contractus, apice rostratus, hirsutiusculus, rostro persistente.*

Ce genre *Pseudocoix* A. Camus ne comprend jusqu'ici qu'une espèce, le :

Pseudocoix Perrieri A. Camus, nov. sp.

Culmus 40-60m *longus, ramis verticillatis. Foliorum lamina lineari-lanceolata vel lanceolata,* 15cm *longa,* 0cm,7-0cm,9 *lata, abrupte attenuata in petiolum glabrum, apice acuminata, glabra, margine scaberula. Vaginæ hirtæ, demum glabræ. Ligulæ oblongæ. Spiculæ* 15-16mm *longæ, ventricosæ. Glumæ steriles* 2-3, *apice hirsutæ, margine ciliatæ. Fl. inf.* : *glumella* 10-11mm *longa, apice violacea, hirsuta. Fl. sup.* ☿ : *glumella* 14-15mm *longa, apice hirsuta, violacea; palea* 14-15mm *longa, apice hirsuta. Antheræ exsertæ, flavescentes,* 8-9mm *longæ.*

Cette espèce n'a été trouvée qu'une fois, dans la partie centrale de Madagascar, par M. Perrier de la Bâthie, et récoltée en assez grande quantité, dans une forêt à sous-bois brûlé, entre 2000 et 2400m d'altitude, sur le Mont Tsaratanana (Perrier de la Bâthie, n° 16361).

Les chaumes de ce très curieux bambou, qui atteignent parfois 50 et 60m de longueur, sont faibles, s'appuient sur les arbres et arbustes et retombent de tous les côtés.

Cette espèce ne paraît pas monocarpique. M. Perrier de la Bâthie a constaté que des pieds en fleurs portaient de jeunes rejets.

Ce genre présente des affinités avec le genre *Ochlandra* dont il se distingue par ses styles distincts, ses épillets tous semblables, fertiles, les glumelles stériles et celles de la fleur fertile formant une sorte de faux-fruit assez dur et luisant.

Par son fruit à péricarpe charnu et séparable et sa glumelle supérieure ou palea non carénée, le genre *Pseudocoix* A. Camus, comme le genre *Perrierbambus* A. Camus, se rattache à la sous-tribu des *Melocanneæ*.

Le genre *Hickelia* A. Camus [1] peut être ainsi caractérisé :

Bambusa scandentia. Spiculæ subsessiles vel breviter pedicellatæ, in capitulis densis aggregatæ, 3 *floræ, supra glumas articulatæ, demum ventricosæ, floribus* 2 *inferioribus sterilibus, supremo perfecto hermaphrodito. Glumæ steriles* 3-5, *persistentes, concavæ, ovato-lanceolatæ, plurinerves. Fl. inf.* : *glumella convoluta, lata, ovata, demum indurata, ventricosa. Fl. sup.* ☿ : *glumella convoluta, lata, ovata, multinervia, demum indurata, ventricosa; palea convoluta, dorso sulcata, ecarinata, parinervia, demum indurata. Lodiculæ ovatæ, acutæ, parvæ. Stamina* 6; *filamenta libera. Ovarium oblongum, hirsutiusculum. Styli* 3, *elongati. Caryopsis ovoidea, glabra, antice longitudinaliter sulcata, lævissima, rostrata, ad maturitatem basi styli dilatatâ quasi calyptrata. Pericarpium a semine non distinguendum.*

---

(1) Je dédie ce genre à M. R. Hickel, conservateur des Eaux et Forêts, bien connu pour ses très importants travaux de Dendrologie.

Ce genre ne comprend jusqu'ici qu'une espèce dont voici la diagnose :

Hickelia madagascariensis A. Camus, nov. sp.

Culmus scandens, gracilis. Folia lanceolata, apice acuminata, basi rotundata, 12^{cm} *longa,* 1^{cm},3-1^{cm},5 *lata, supra glabra, subtus hirsuta, margine crassa, scaberula. Vaginæ striatæ, margine pilosæ, demum glabræ. Ligulæ parvæ, truncatæ. Spiculæ* 10^{mm} *longæ demum* 17-18^{mm} *longæ,* 7^{mm} *diam. Glumæ steriles* 5-10^{mm} *longæ pilosæ. Fl. inf.: glumella* 12-13^{mm} *longa, nitida. Fl. sup.* ☿ *: glumella* 12-13^{mm} *longa, demum nitida, indurata; pale a* 12-13^{mm} *longa, nitida, glabra; apice pilosula,* 16-20 *nervia. Caryopsis* 9^{mm} *longa,* 4-5^{mm} *diam., subovo idea, rostro persistente puberulo.*

Madagascar centr. : bois d'Ambatofitorano, au sud d'Ambositra, alt. 1600^{m} (Perrier de la Bâthie, n° 10787).

Ce genre forme à lui seul une sous-tribu bien distincte, celle des *Hickelieæ* A. Camus, caractérisée par ses six étamines à filets libres, ses épillets à une seule fleur supérieure fertile, celle-ci à palea dure, sans carènes, ressemblant à une glumelle inférieure, enfin par ses fruits à péricarpe mince, non séparable du reste de la graine.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la solubilité des tanins et leur extraction chez les végétaux*. Note (¹) de M. **F. Picard**, présentée par M. H. Lecomte.

Les résultats des recherches de Lloyd, Clark et Mell peuvent se résumer ainsi :

Le tanin se présenterait dans la cellule vivante sous deux formes différentes :

1° En solution dans le suc cellulaire, sans présager en rien des combinaisons toujours possibles des principes tanniques avec une ou plusieurs substances présentes dans la vacuole, sucre, albumine, alcaloïdes; c'est le cas de la Spirogyre.

2° En combinaison chimique ou simplement en adsorption avec une substance colloïdale ternaire, ce qui est le cas le plus fréquent; le complexe tannique cède facilement son tanin en présence de l'eau (écorce de chêne) ou bien retient fortement le tanin et d'autant mieux que la cellule est plus âgée (fruits charnus astringents).

M. Michel-Durand (²), par l'analyse quantitative, a confirmé les

(¹) Séance du 25 août 1924.

(²) Michel-Durand, *De l'état des tanins dans la cellule végétale* (*Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 586).

recherches des auteurs précités et, d'après un certain nombre de dosages effectués sur les divers organes du chêne et du châtaignier, a conclu que l'acétone n'enlève jamais qu'une fraction plus ou moins importante des principes tanniques. Le fait, constate-t-il, que ces substances ne sont pas dissoutes en totalité par l'acétone est digne de remarque. Or, tous les tanins étant solubles dans l'acétone, il est facile, dit-il, à la lumière des faits signalés par Lloyd, d'interpréter cette anomalie.

« Si en effet l'on admet que le tanin existe dans les cellules tannifères en union plus ou moins intime avec une substance mucilagineuse, l'acétone coagulerait le contenu des vacuoles des cellules à tanin; le complexe tanin-mucilage se prendrait en masse sous l'influence du réactif et retiendrait énergiquement une partie des principes tanniques. En présence de l'eau bouillante le coagulum prendrait une consistance mucilagineuse ou se désagrégerait et le tanin libéré passerait en solution dans l'eau. »

Au moment où la Note de M. Michel-Durand est parue, j'étudiais depuis un certain temps le rôle des tanins dans l'aoûtement des sarments de la vigne. J'employais l'éther ordinaire pour l'extraction et j'arrivais à un résultat semblable.

Je considérais une série de 20 sarments. Pour chacun de ces sarments les trois opérations suivantes ont été faites :

Opération 1. — Sur une quantité de substance déterminée, extraction des tanins par l'éther dans l'appareil de Soxhlet. L'éther contenant les tanins est distillé, le résidu repris par l'eau bouillante et le dosage est fait sur cette solution.

Opération 2. — La poudre sur laquelle l'extraction à l'éther vient d'être faite, placée dans une allonge est traitée par l'eau bouillante. La solution obtenue sert pour le dosage.

Opération 3. — On fait subir à une prise de substance neuve et égale à la première le seul traitement à l'eau bouillante.

J'ai ajouté cette troisième opération qui était nécessaire. En effet, si l'on admet l'hypothèse de Lloyd, il est logique de supposer que la quantité de tanins dosée dans l'opération 3 doit être égale à la somme des quantités de tanins dosées dans les opérations 1 et 2. A ma connaissance cette vérification n'a pas été faite.

Le dosage des tanins a été effectué par la méthode de Boudet et Jean. Les résultats de dosages ci-après sont rapportés à 100g de substance sèche :

Numéro du sarment.	Extraction à l'éther.	Extraction à l'eau bouillante sur le résidu de l'extraction à l'éther.	Extraction à l'eau bouillante seule.
1	11	13	18
2	14	12	15
3	13	15	14
4	14	16	16
5	14	15	14
6	12	15	14
7	13	14	13
8	12	16	14
9	12	15	13
10	11	15	15
11	11	11	14
12	8	10	14
13	9	11	14
14	9	11	16
15	11	10	14
16	8	16	14
17	12	15	14
18	12	13	14
19	15	12	14
20	8	11	9

Ce tableau prouve que :

1° L'éther ordinaire employé comme liquide d'extraction n'enlève jamais qu'une partie des tanins.

2° L'eau bouillante employée seule est incapable de dissoudre tous les tanins.

Le premier résultat, comme celui de M. Michel-Durand, confirme l'hypothèse émise.

Le second résultat permet de douter de l'exactitude de cette hypothèse. En effet, en reprenant le raisonnement de M. Michel-Durand, il faut admettre que l'eau bouillante est capable d'entraîner tous les tanins. L'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi; le tableau ci-dessus ne comporte aucune exception et dans tous les cas l'écart est très sensible entre les quantités de tanins extraites. Il semble donc que l'hypothèse de la formation du complexe tanin-mucilage désagrégé par l'eau bouillante soit inexacte.

En résumé, l'extraction incomplète des tanins par l'éther ne peut être attribuée à l'état particulier signalé par Lloyd; il s'agit très probablement de tanins différents par leurs propriétés physiques.

D'après la constatation que j'ai faite, l'extraction industrielle est d'un mauvais rendement puisqu'on abandonne une grande quantité de tanins, insolubles dans l'eau bouillante.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le développement de l'*Eutermes matangensis. Note (¹) de M. **Jean Bathélier**, présentée par M. J.-L. Bouvier.

Les œufs de l'*Eutermes matangensis* mesurent environ $0^{mm},7$ sur $0^{mm},4$. Ils augmentent de volume au cours du développement et présentent leur taille maximum au moment de l'éclosion.

Il en sort des jeunes munis d'antennes à 12 articles. Ceux-ci, à la naissance, sont pratiquement indistinguables les uns des autres et ont une tête semblable à celle des ouvriers. Il y a de légères variations dans la taille du cerveau mais celles-ci ne peuvent être classées à la simple observation sous le binoculaire. Elles me paraissent dues le plus souvent à ce que les jeunes observés sont à des états de développement différant de quelques heures.

Il fait suite à ce stade une mue d'où les jeunes Termites sortent plus grands avec 13 articles aux antennes. Dès ce moment trois catégories peuvent être discernées.

a. Des larves à corps mince et allongé, tête petite et pourvues de très courtes écailles alaires. Il s'agit ici incontestablement de sexués.

b. Des larves à corps court, tête ronde et relativement petite.

c. Des larves à corps court, de taille supérieure aux précédentes; tête ronde et un peu plus grosse.

Les deux derniers groupes, on le verra plus loin, sont respectivement les larves des soldats-nasuti et des ouvriers.

Les deux stades précédents constituent pour les neutres les deux seuls stades larvaires proprement dits. Les larves *b* du deuxième stade donnent naissance à de petits ouvriers, et les larves *b* à de grands ouvriers, les uns et les autres ayant 14 articles antennaires et prenant part aux travaux de la colonie; leur corps est chitinisé. On trouve leur intestin rempli de pâte de bois.

(¹) Séance du 25 août 1924.

Si nous recherchons l'origine des soldats-nasuti nous rencontrons les faits suivants.

On n'observe pas de soldat-nasutus ayant aux antennes moins de 13 articles. Les plus jeunes sont blanc de lait, puis ils deviennent jaunâtres et enfin brun sans beaucoup grossir. Ceci implique donc que, dans cette espèce, les soldats-nasuti se développent dans une dernière mue à partir d'animaux déjà différenciés.

Si l'on étudie par la méthode biométrique les formes neutres connues sous le nom d'ouvriers, on arrive à les grouper en trois catégories. Des animaux à plus grosse tête forment un premier groupe compact. Ils ont toujours une chitine relativement très développée. Une seconde classe comprend des animaux de taille variable. Il y a un notable accroissement des plus jeunes qui ne sont que très peu chitinisés jusqu'aux plus âgés qui le sont moyennement. Enfin il existe de petits ouvriers peu chitinisés formant un groupe compact nettement séparé des deux précédents.

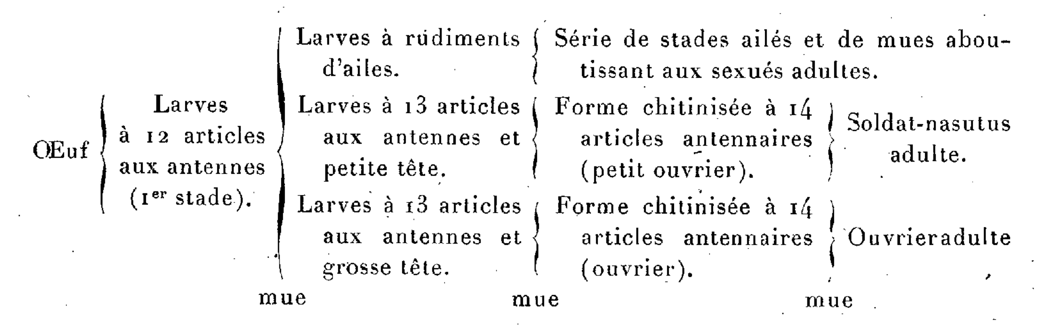
On peut interpréter ces faits de la façon suivante : les neutres de la première catégorie sont les véritables ouvriers adultes de l'*Eutermes matangensis*. Ceux de la seconde représentent le stade précédent de la même caste. Ce ne sont donc pas des adultes : ils doivent encore subir une mue. J'ai pu observer celle-ci et suivre le passage d'un état à l'autre. Cependant ils prennent part au travail et ont leur intestin rempli de pâte ligneuse. Jusqu'ici on désignait ces deux classes sous le nom d'ouvrier. Enfin les neutres de la troisième catégorie représentent l'avant-dernier stade de la caste des soldats-nasuti.

Cette hypothèse s'est trouvée vérifiée. J'ai rencontré une dizaine de ces insectes en cours de mue. La tête chitinisée du petit ouvrier est fendue et, par l'ouverture, sort le rostre du soldat-nasutus encore renfermé dans l'ancienne chitine. Le changement de forme est, ici, saisi sur le vif. Deux exemplaires de ces formes sont entre les mains de M. Bouvier. Il est à noter que toutes les formes d'ouvriers ont 14 articles aux antennes tandis que le soldat-nasutus n'en a que 13. Il y a donc, dans la mue, réduction du nombre des articles antennaires : celle-ci se fait par soudure des troisième et quatrième article. On trouve d'ailleurs, parfois, de jeunes soldats encore incolores présentant plus ou moins nettement des antennes à 14 articles.

La forme ouvrier à petite tête qui précède le stade soldat-nasutus ne montre pas de glande frontale développée; il en est de même des stades larvaires qui précèdent. La glande frontale se développe au cours de la mue

qui fait apparaître la forme soldat-nasutus en même temps que la « corne » qui sert à éliminer la sécrétion. Elle termine son évolution peu de temps après la fin de cette mue, alors que le jeune soldat est encore blanc. J'ai pu suivre ce processus et en dessiner les étapes.

On peut représenter le développement de l'*Eutermes matangensis* par le schéma suivant :



En résumé, chez l'*Eutermes matangensis*, le soldat-nasutus apparaît au cours d'une mue qui est la dernière subie par cette catégorie de neutres à partir d'une forme de termite ayant l'aspect d'un ouvrier. Cependant, d'autres observations que je pense exposer plus tard, me portent à penser que les diverses castes de cette espèce sont déjà déterminées dans l'œuf bien qu'indistinguables à l'éclosion, ce qui confirmerait les vues de M. Bugnion (1912) et de Miss Thomson (1919).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'apparition des anticorps.* Note (1) de M. G. RAMON, présentée par M. Roux.

En utilisant la réaction de floculation, nous avons pu suivre, pour ainsi dire, jour par jour, la production d'antitoxine diphtérique chez un grand nombre de chevaux, une centaine à l'heure actuelle, immunisés et hyperimmunisés uniquement par l'anatoxine. De plus amples détails concernant cette production, la marche de l'immunisation en général et les résultats d'ensemble obtenus, seront donnés plus tard; nous désirons seulement

(1) Séance du 18 août 1924.

aujourd'hui attirer l'attention sur la vitesse d'apparition de l'antitoxine considérée en tant qu'anticorps ([1]).

Nous avons fait connaître précédemment ([2]) que neuf jours après une seule injection de 1^{cm^3} d'anatoxine faite sous la peau de cinq chevaux, les sérums de ces animaux étaient déjà riches en antitoxine puisqu'ils contenaient entre 10 et 20 unités d'Ehrlich au centimètre cube.

En réalité, l'antitoxine apparaît bien avant ce neuvième jour. Nous avons en effet constaté sa présence à raison de 5 à 10 unités au centimètre cube au minimum, dans le sérum de presque tous les chevaux 5 à 6 jours après la première injection d'anatoxine qui était de 1 ou 10 ou 25 ou 50^{cm^3} suivant les séries d'animaux. Dans d'assez nombreux cas même, nous avons décelé plusieurs unités au centimètre cube ([3]), 3 jours et parfois 48 heures après cette injection.

La présence d'une telle quantité indique d'ailleurs qu'on peut, encore plus tôt, mettre en évidence des traces très appréciables d'antitoxine ([4]). Dès qu'elle est apparue, l'antitoxine augmente rapidement pour atteindre le maximum vers le dixième ou le douzième jour. Soit au point de vue de

---

([1]) Jusqu'ici l'étude de la vitesse d'apparition de l'antitoxine était très difficile sinon impossible à entreprendre dans de bonnes conditions. En effet, la quantité de toxine diphtérique que l'on peut injecter d'emblée, à un animal neuf, même du poids d'un cheval, étant très faible, son pouvoir antigène est très réduit, et la quantité d'antitoxine qui apparaît par la suite est trop minime pour être facilement appréciée. De plus, et bien qu'à divers points de vue la méthode intradermique de Romer (ou ses dérivées) ait marqué un progrès sensible, les techniques de dosage *in vivo* de l'antitoxine, celle d'Ehrlich en particulier, sont très lentes, bien compliquées et trop coûteuses pour pouvoir être utilisées à répétition sur une grande échelle. D'une part, l'emploi de l'anatoxine diphtérique douée d'un pouvoir antigène élevé, dénuée de toute toxicité et pouvant par conséquent être injectée d'emblée à haute dose, d'autre part l'utilisation de la réaction de floculation exigeant le minimum de temps et de dépenses, donnent toutes facilités pour des recherches du genre de celles que nous envisageons ici.

([2]) G. Ramon, *Annales Institut Pasteur*, t. 38, 1924, p. 1.

([3]) Ces chiffres prennent encore plus de valeur si l'on se rappelle qu'une unité antitoxique neutralise cent doses mortelles (pour le cobaye) et si l'on sait qu'un homme dont le sérum renferme seulement $\frac{1}{50}$ d'unité (réaction de Schick négative) est à l'abri de l'intoxication diphtérique naturelle.

([4]) Par la méthode de Romer par exemple. Mais à ce propos il ne faut pas oublier que, ainsi que Roux et Martin l'avaient constaté dès le début de la sérothérapie, le sérum de chevaux « neufs » peut renfermer dans certains cas des traces d'antitoxine.

l'apparition de l'antitoxine, soit au point de vue de son augmentation progressive, il faut compter avec les différences individuelles très grandes. C'est ainsi que, dans une série de dix chevaux qui avaient reçu 25^{cm^3} d'anatoxine comme première dose, le sérum de l'un d'eux titrait, cas assez rare, moins d'une unité le huitième jour après l'injection, alors que celui de deux autres renfermait, ce même jour, les doses considérables de 250 et 300 unités antitoxiques au centimètre (¹).

L'antitoxine diphtérique constitue-t-elle au point de vue de la rapidité de son apparition une exception parmi les anticorps, ou bien en est-il de même d'autres anticorps correspondant, eux aussi, à des antigènes d'origine microbienne? Nous avons été amené, au cours d'essais d'un autre ordre, à injecter à plusieurs chevaux des filtrats de culture du bacille de la Peste. Chaque cheval recevait sous la peau 50^{cm^3} de filtrat provenant d'une culture en bouillon âgée de quatre semaines environ et additionnée, quelques jours avant la filtration, d'une minime quantité de formol (1,5 pour 1000). Utilisant ici encore la méthode de floculation qui, ainsi que nous l'avons indiqué (²), peut servir au dosage de tout anticorps floculant (³), précipitines des auteurs, ou autres, nous avons pu saisir l'apparition du pouvoir floculant dans le sérum des animaux traités comme il vient d'être dit, et en suivre le développement non seulement de jour en jour, mais aussi d'heure en heure. C'est qu'en effet, dès la quinzième heure après l'injection et parfois dès la huitième, on peut mettre en évidence un pouvoir floculant déjà marqué. Vers la douzième heure, par exemple le plus souvent, 2^{cm^3} de sérum donnent une floculation très nette en présence de 2^{cm^3} de filtrat. Dans les heures et les jours qui suivent, le pouvoir floculant augmente progressivement pour atteindre le maximum comme dans le cas de l'antitoxine diphtérique vers le dixième jour. A ce moment, il suffit en général de $0^{cm^3},3$

(¹) Des différences notables existent aussi entre les espèces; si chez le lapin l'apparition et l'augmentation de l'antitoxine ont lieu dans une certaine mesure comme chez le cheval, chez le cobaye au contraire les quantités d'antitoxine décelables au début ne se chiffrent que par des fractions d'unités et le maximum de pouvoir antitoxique n'est atteint que plus lentement.

(²) G. RAMON, *Annales Institut Pasteur*, t. 37, 1923, p. 1001.

(³) Nous suivons exactement la même technique que celle que nous avons établie pour le dosage de l'antitoxine diphtérique; mettant simplement en présence dans des tubes à hémolyse une quantité fixe (2^{cm^3}) de filtrat, et des volumes variables du sérum dont on veut titrer le pouvoir floculant; on examine de temps à autre les mélanges placés à l'étuve ou laissés à la température du laboratoire et l'on note l'apparition de la floculation initiale, indicatrice du pouvoir floculant.

ou $0^{cm^3},5$ mélangés à 2^{cm^3} de filtrat pour donner une floculation très abondante. Ces constatations nous ayant paru quelque peu surprenantes, nous avons multiplié les essais et nous avons toujours obtenu les mêmes résultats : apparition de l'anticorps floculant en moins de 24 heures (¹).

Ainsi, tout au moins dans les cas envisagés ici, dès l'introduction de l'antigène (²) sous la peau du cheval et dès son absorption, on peut déceler dans le sérum de cet animal la présence de l'anticorps spécifique. Cela nous paraît de quelque intérêt au point de vue des théories de l'immunité et de la constitution des anticorps en général.

La séance est levée à 15^h15^m.

A. Lx.

(¹) Sans vouloir assimiler au point de vue de sa valeur de protection cet anticorps floculant à l'antitoxine diphtérique, nous étions en droit de nous demander dans quelle mesure les filtrats du bacille de Yersin, dont les propriétés ne sont pas sans analogie avec celles des anatoxines, peuvent assurer la vaccination vis-à-vis de l'infection pesteuse. Des expériences en collaboration avec M. Dujardin-Beaumetz sont en cours à ce sujet.

(²) En est-il toujours ainsi avec tous les antigènes? Nous nous garderons de généraliser; nous ferons simplement remarquer que si, dans nombre de cas, les anticorps ne semblent pas apparaître aussi vite, ou plus exactement si l'on ne peut constater aussi rapidement leur présence, cela tient soit à la faible valeur de l'antigène, soit à la quantité trop minime injectée, soit encore et bien plutôt à l'insuffisance de nos moyens de recherches. Dans le cas de l'antitoxine diphtérique, l'emploi de l'anatoxine montre la valeur du facteur antigène, l'utilisation de la floculation démontre l'importance du moyen d'investigation dans de telles recherches.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *La végétation alpine du Grand Atlas marocain.* Note (¹) de M. **René Maire**.

Hooker et Ball, à la suite de deux rapides ascensions faites en mai 1871 dans le Grand Atlas, avaient cru pouvoir nier l'existence d'une flore alpine dans cette chaîne (²).

Lorsque nous avons eu, en 1921, la chance de pouvoir atteindre, à la bonne saison, l'étage alpin du Grand Atlas dans l'Ourika, nous avons pu constater l'existence d'une véritable flore alpine, pauvre mais nettement caractérisée. Nos explorations de 1922, faites en compagnie de notre excellent ami et collaborateur R. de Litardière, ont élargi nos connaissances sur cette flore, connaissances qui ont été encore augmentées en 1923 par les explorations de M. R. de Litardière dans le Tifenout, la Reraya et le Goundafa, et de notre autre collaborateur M. Humbert sur l'Ari Ayachi.

Un Mémoire détaillé sur nos explorations de 1921 est actuellement à l'impression. En attendant l'apparition de ce travail nous donnons ici un court aperçu des caractères principaux de la végétation et de la flore de l'étage alpin du Grand Atlas porphyrique.

L'étage alpin du Grand Atlas commence, sur le versant N, le seul à peu près bien connu, à l'altitude de 3000 à 3150^{m} suivant l'exposition. Le passage de l'étage subalpin (caractérisé par des forêts très claires de *Juniperus*

(¹) Séance du 23 juin 1924.

(²) Hooker et Ball, *Journal of a tour in Marocco and the Great Atlas*, 1878, p. 231-232.

thurifera) à l'étage alpin se fait insensiblement par disparition progressive des arbres et des buissons de *Cytisus Balansae*, *Daphne Laureola*, *Ribes uva-crispa*, etc. Il n'y pas d'étage nival bien caractérisé.

La végétation alpine. — Cette végétation, formée exclusivement de plantes herbacées et sous-frutescentes (Chaméphytes, Hémicryptophytes, Géophytes, Thérophytes, Bryophytes, Lichens, Algues et Champignons), forme un certain nombre d'associations plus ou moins distinctes, qui sont essentiellement des groupements édaphiques. Voici celles que nous avons observées dans le Grand Atlas porphyrique et granitique au sud de Marrakech (Ourika, Reraya, Tifenout).

1° *Groupe d'associations des pâturages écorchés.* — Ces associations occupent les pentes rocailleuses, les éboulis fixés, les graviers. On peut y distinguer : une association à *Alyssum spinosum*, croissant surtout dans les parties les plus rocailleuses, à pentes raides; une association à *Avena montana* qui se substitue à la précédente aux très hautes altitudes; une association à *Astragalus Ibrahimianus*, bien plus dense que les précédentes, croissant surtout aux altitudes relativement basses, sur les pentes douces où la terre s'accumule plus facilement entre les pierres.

L'association à *Alyssum spinosum* est formée par quelques Chaméphytes épineux en forme de boule ou de coussinet, admirablement adaptés à résister à la neige, aux avalanches, aux vents violents, à la sécheresse et aux variations brusques de température de l'été. Ces Chaméphytes (*Alyssum spinosum*, *Bupleurum spinosum*, *Arenaria pungens*, *Draba hispanica*) sont accompagnés d'une demi-douzaine d'Hémicryptophytes, parmi lesquels l'*Avena montana* est particulièrement abondant. L'association à *Alyssum spinosum* tend à occuper tout le terrain, même les pentes douces, aux altitudes moyennes (au-dessus de 3400^{m}), en se dépouillant de ses constituants relativement thermophiles (par exemple *Bupleurum spinosum*).

Plus haut encore (au-dessus de 3600^{m}), l'*Alyssum spinosum* lui-même disparaît et fait place à l'association à *Avena montana*, qui n'est qu'un faciès appauvri de l'association à *Alyssum spinosum*, sans aucune plante nouvelle.

L'association à *Astragalus Ibrahimianus* est formée par une demi-douzaine de Chaméphytes en boules épineuses ou en coussinets, une trentaine d'Hémicryptophytes et quelques Géophytes. Parmi les Hémicryptophytes quelques-uns sont des plantes délicates, plus ou moins mésophiles, qui ne peuvent guère vivre qu'à l'abri des Chaméphytes épineux, au milieu des touffes de ceux-ci.

La forte proportion des Chaméphytes, la dominance des Hémicryptophytes, la rareté des Géophytes et des Thérophytes accusent nettement le caractère alpin des deux associations principales.

2° *Groupe d'associations des éboulis mobiles.* — Les éboulis porphyriques alpins mobiles ont une végétation extrêmement pauvre en individus et en espèces. Les éboulis secs portent une association à *Platycapnos saxicola* et à *Linaria lurida* qui est formée exclusivement par ces deux seules plantes, disséminées en petites colonies très distantes. Les éboulis humectés en profondeur par les neiges fondantes portent une association à *Viola Dyris*, constituée uniquement par cette plante, disséminée elle aussi sous forme de petites colonies.

3° *Groupe d'associations des pelouses alpines fermées.* — Ce groupe comprend les pelouses sèches et les pozzines. Nous employons le terme de *pozzines*, créé par Briquet ([1]), pour désigner les pelouses fermées, humides et plus ou moins tourbeuses, de l'étage alpin du Grand Atlas.

Les pelouses sèches sont constituées ordinairement par une association à *Festuca rubra* var. *Yvesiana* et *F. maroccana*, formant, avec une demi-douzaine d'autres Hémicryptophytes, un gazon continu.

Parmi les pozzines nous pouvons distinguer les pozzines humides et les pozzines mouillées.

Les pozzines humides reposent sur un sol dont l'humidité est entretenue tout l'été, à une faible profondeur, par de légers suintements, ou par capillarité dans le voisinage des ruisseaux ; ce sol, nettement acide, est plus ou moins tourbeux. Ces pozzines humides, mais non mouillées, sont caractérisées par la Nardaie, association à *Nardus stricta*, qui groupe environ deux douzaines d'Hémicryptophytes avec quelques rares Géophytes et Thérophytes. Les caractéristiques de cette association sont ici *Nardus stricta*, *Carex basilaris*, *C. capillaris*, *Luzula spicata*, *Sagina nevadensis*, *Corbularia nivalis*, *Botrychium Lunaria*, *Gentiana atlantica*, espèces en grande partie boréales et alpines ou vicariantes d'espèces boréales et alpines. La Nardaie du Grand Atlas constitue donc une véritable pelouse alpine comparable à celles des Alpes, quoique à peu près complètement dépourvue des Chaméphytes qui jouent un rôle important dans celles-ci.

Les pozzines mouillées, ruisselantes, sont continuellement baignées par des suintements atteignant la surface et s'écoulant à l'extérieur. Ces pozzines sont caractérisées par l'association à *Veronica repens* var. *cyanea* et

---

([1]) BRIQUET, *Prodrome de la Flore corse*, t. 1, 1910, p. XXV.

Philonotis fontana, qui paraît s'installer la première, et par l'association à *Carex fusca* var. *atlantica*, qui succède à la précédente quand le sol s'enrichit en humus. Ces deux associations sont très pauvres en espèces; celles qu'on y rencontre sont toutes des Hémicryptophytes ou des Mousses; on y remarque *Cerastium cerastioides* et *Viola palustris*, espèces plus ou moins boréales et alpines.

4° *Groupe d'associations rivulaires.* — Ce groupe n'est représenté ici que par l'association à *Cirsium chrysacanthum*, faciès appauvri de l'association à *Festuca Mairei* et *C. chrysacanthum* qui borde tous les torrents permanents de l'étage subalpin. Cette association ne comporte guère que 3 ou 4 Hémicryptophytes. Dans l'eau courante elle-même nous n'avons observé que l'*Hydrurus foetidus*.

5° *Groupes d'associations rupicoles.* — Les fissures des rochers porphyriques sont habitées par une association de Chasmophytes, l'association à *Draba Oreadum*, qui comprend environ 4 Chaméphytes et 9 Hémicryptophytes. Cette association est comparable aux associations de Chasmophytes des rochers de l'étage alpin des Alpes, mais les Thérophytes y tombent à 0, et les Chaméphytes atteignent une proportion plus forte, s'approchant de celle que l'on observe dans les associations rupicoles de l'étage nival des Alpes. L'association à *Draba Oreadum* présente de nombreuses caractéristiques (*Draba Oreadum, Saxifraga demnatensis, Festuca alpina* var. *Dyris, Arrabis conringioides, Leucanthemum atlanticum, Asplenium viride*) et les endémiques y atteignent la proportion de 61 pour 100. Cette association s'élève, en perdant quelques-unes de ses espèces, jusqu'aux plus hauts sommets (4250^m).

Les fissures profondes, ombreuses et riches en humus, abritent quelques espèces à tendances mésophiles, comme *Draba hederifolia, Cystopteris fragilis*, etc., avec quelques Mousses, Hépatiques et Lichens, souvent plus ou moins boréaux et alpins.

Les rochers porphyriques suintants sont habités par une association à *Monanthes atlantica*, formée presque exclusivement par cette Crassulacée, le *Philonotis fontana* et quelques autres Mousses, avec quelques pieds de *Sedum melanantherum* et de *Carex leporina*.

L'étude des types biologiques dans la flore alpine totale (actuellement connue) du Grand Atlas nous a donné les proportions suivantes : Chaméphytes : 22 pour 100; Hémicryptophytes : 68 pour 100; Géophytes : 6 pour 100; Thérophytes : 4 pour 100. Comparée à la flore subalpine, la flore alpine du Grand Atlas est caractérisée, comme celle des Alpes, par

une augmentation de la proportion des Chaméphytes et par une forte régression des Thérophytes.

La flore alpine du Grand Atlas comprend une proportion de plantes dites glaciaires allant jusqu'à 16 pour 100. La découverte de ces plantes était assez inattendue, et leur présence est difficilement explicable par des migrations de plantes boréales pendant les périodes glaciaires quaternaires. L'analyse de l'ensemble de la flore alpine du Grand Atlas montre qu'elle a des caractères très archaïques et permet de penser que la plupart de ses plantes dites glaciaires ont colonisé cette chaîne à une époque bien plus ancienne que les périodes glaciaires quaternaires.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la loi binomiale de probabilité de Quetelet* (1). Note (2) de M. **Constant Lurquin**, transmise par M. Émile Borel.

1. En 1845, Quetelet a retrouvé la loi exponentielle d'erreur de Gauss en étudiant les probabilités des divers événements composés correspondant aux termes du développement $[p+(1-p)]^m$ (3). La démonstration de l'illustre statisticien belge est grossière; elle manque de rigueur. Cependant outre sa valeur historique (4), elle présente un intérêt didactique sérieux dans la discussion toujours ouverte sur le caractère intrinsèque de la loi

(1) Dans sa *Théorie de l'homme*, Quetelet l'appelait aussi « courbe de vitalité ».

(2) Séance du 1er septembre 1924.

(3) A. Quetelet, *Sur l'interprétation des documents statistiques et en particulier sur l'appréciation des moyennes* (*Bulletins de la Commission centrale de statistique de Belgique*, t. 2, 1845, p. 279); — *Lettres à S. A. R. le duc régnant de Saxe-Cobourg et Gotha sur la théorie des probabilités appliquée aux sciences morales et politiques*, Bruxelles, in-4°, 1846, p. 384.

(4) Cinquante ans se sont écoulés depuis la mort de Quetelet (1796-1874). Sans être transcendante, son œuvre mathématique est originale et intéressante. Il y a lieu de signaler ses travaux sur les caustiques et surtout des vues nouvelles et profondes sur la portée du calcul des probabilités [C. Lurquin, *L'œuvre scientifique de Quetelet* (*Revue scientifique de Paris*, 12 juillet 1924, p. 390)].

normale d'erreur (1). C'est pourquoi nous croyons qu'il peut être utile de reprendre le principe de la méthode de Quetelet.

2. Considérons la loi de probabilité correspondant à la fonction binomiale

$$F(p, q) = \sum \binom{\mu}{\alpha} p^{\alpha} q^{\mu-\alpha} = (p+q)^{\mu} \qquad (p+q=1)$$

dans le cas particulier des probabilités symétriques $p = q = \frac{1}{2}$.

On compte à partir de l'ordonnée du milieu et l'on considère 2μ abscisses élémentaires de grandeur δ chacune. On pose

$$\mu' = 2\mu; \qquad x_{\beta} = 2\beta\delta; \qquad y_{\beta} = \binom{2\mu}{\mu+\beta} \qquad \text{avec} \qquad \alpha = \beta + \mu.$$

L'expression

$$\frac{y_{\beta+1} - 2y_{\beta} + y_{\beta-1}}{y_{\beta}} = \frac{2[2\beta^2 - (\mu+1)]}{(\mu+1)^2 - \beta^2}$$

fournit la valeur $\beta_{\mu} = \pm\sqrt{\frac{\mu+1}{2}}$ pour le point d'inflexion et la déviation normale correspondante $\sigma_{\mu} = 2\beta_{\mu}\delta$.

La différence première donne la relation

$$\frac{y_{\beta+1} - y_{\beta}}{2\delta y_{\beta}} = -\frac{x_{\beta} + \delta}{\sigma_{\mu}^2 + x_{\beta}\delta}.$$

Il en résulte que pour la valeur limite ($\mu = \infty$) on a

$$y = c\, e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}};$$

c et σ sont des constantes caractérisant la précision des observations. Mais on a $c = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$. D'où, en posant $h = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}}$,

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2}.$$

C'est la loi de probabilité de Gauss (2).

---

(1) Bravais, contemporain de Quetelet, signalait déjà qu'on ne pouvait admettre *a priori* que la courbe de possibilité des écarts x plus ou moins grands d'une quantité physique, autour de sa moyenne, soit toujours et nécessairement une fonction de la forme e^{-hx^2}.

(2) Dans l'œuvre de QUETELET, références mathématiques [voir (2)]; références statistiques et sociologiques : *Sur la statistique morale et les principes qui doivent*

Il est à remarquer que le calcul des probabilités et la théorie des erreurs d'observation fournissent des procédés plus élégants pour établir ce résultat.

3. L'étude mathématique des lois de probabilité se poursuit activement. On doit à Poincaré (¹) le concept fécond de fonction caractéristique d'une loi générale d'erreur dont MM. P. Lévy (²) et Lindeberg (³) ont déduit des conséquences importantes et judicieuses. La présente Note a pour but de montrer que le concept de Quetelet conserve une valeur méthodologique dans la recherche et l'étude de la loi exponentielle de Gauss considérée comme un algorithme simple, utile et commode.

OPTIQUE. — *Sur l'expérience de Michelson.* Note de M. E. Brylinski, présentée par M. Daniel Berthelot.

J'ai eu l'occasion de montrer, dans une série de Notes, que le raisonnement habituellement exposé pour expliquer le mécanisme de l'expérience de Michelson est insuffisant, puisqu'il répond à des conditions où aucune frange ne se produit, et d'exposer une méthode de calcul suivant pas à pas les conditions de l'expérience. J'en ai tiré diverses conclusions sur les conséquences qu'on peut déduire des résultats obtenus à ce jour par Michelson, Morley et Miller.

Toutefois, en ce qui concerne l'évaluation de la différence des durées de parcours lorsque l'un des miroirs est déréglé (⁴), M. M. Le Besnerais m'a indiqué qu'il s'était glissé une erreur dont la rectification amène

---

en former la base (*Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, in-4°, t. **21**, 1848, p. 10 et 14); — *Sur la loi statistique des tailles humaines* (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2ᵉ série, t. **25**, 1868, p. 155); — *Physique sociale*, Bruxelles, 1869, in-8°, t. **1**, p. 129; — *Unité de l'espèce humaine* (*Bulletins de l'Académie royale de Belgique*; 2ᵉ série, t. **34**, 1872, p. 624 et 628); — *Sur le calcul des probabilités appliqué à la science de l'homme* (*Ibid.*, 2ᵉ série, t. **36**, 1873, p. 26); — deux brochures : *Des lois concernant le développement de l'homme; Loi de périodicité de l'espèce humaine.*

(¹) H. Poincaré, *Calcul des probabilités*, 2ᵉ édition, Paris 1912, p. 206.

(²) P. Lévy, *Sur la loi de Gauss* (*Comptes rendus* t. **174**, 1922, p. 855 et 1862); — *Sur la détermination des lois de probabilité par leurs fonctions caractéristiques* (*Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 854); — *Sur les lois stables en calcul des probabilités* (*Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1284).

(³) J. W. Lindeberg, *Sur la loi de Gauss* (*Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 1400).

(⁴) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 1209 et suiv.

l'expression de cette différence à la forme suivante :

$$t_2 - t_1 = \frac{l}{c}(\beta^2 + 4\varepsilon^2).$$

Il est d'ailleurs relativement aisé, lorsqu'on se borne aux termes du second degré en β, de calculer cette différence des durées de parcours en supposant aussi le second miroir et la glace centrale déréglés; l'expression obtenue ne comporte pas de terme où β entre au premier degré.

Il résulte de là que l'explication que j'avais cru trouver du phénomène périodique dans le tour observé par le Professeur Miller s'évanouit, et que le déplacement des franges ne dépend pas de leur largeur tant qu'on est limité au second ordre de grandeur.

M. Le Besnerais m'a communiqué à ce sujet d'intéressantes remarques, que je crois devoir reproduire ci-après.

Le calcul du déplacement attendu des franges de l'interféromètre de Michelson, dans l'hypothèse de l'éther de Fresnel, est d'ordinaire effectué en supposant l'appareil complètement réglé. Ce mode de calcul prête à critique, car dans le cas admis aucune frange ne peut se produire, ainsi que l'a montré M. Brylinski.

Nous allons montrer que le résultat obtenu peut être retrouvé, en admettant l'appareil déréglé pour que des franges se produisent réellement.

Soit un appareil d'optique placé dans un « vent d'éther » de vitesse v et assimilons à un infiniment petit du premier ordre le rapport β de v à la vitesse c de la lumière. Fresnel a montré que, pour un observateur lié à l'appareil, les lois angulaires de la réflexion et de la réfraction (en admettant la loi de Fresnel-Fizeau sur l'entraînement des ondes) sont indépendantes de β au deuxième ordre près.

Considérons, entre une source S et un point M, un trajet de lumière SABC...LM, supposé effectué dans le vide, lorsque l'appareil est au repos par rapport à l'éther. Quand l'appareil est dans un vent d'éther de vitesse v, le trajet de lumière, entre S et M, devient SA′B′C′...L′M.

En s'appuyant sur l'invariance au deuxième ordre près des lois de l'optique et sur le fait que le trajet SABC...LM est un trajet minimum, on démontre aisément que le temps, mis par la lumière pour parcourir le trajet SA′B′C′...L′M, est le même, au quatrième ordre près en β, que si la lumière suivait l'ancien trajet SABC...LM.

Revenons à l'expérience de Michelson et négligeons les retards dans les temps de parcours provenant des lentilles et des lames de verre de l'appareil, ces retards étant au total les mêmes pour les rayons qui parcourent les deux bras de l'appareil.

Soient $SA_1B_1C_1 \ldots L_1M$ et $SA_2B_2C_2 \ldots L_2M$ les deux parcours de lumière, suivant les deux bras de l'appareil, lorsqu'il n'y a pas de vent d'éther, T_1 et T_2 les temps de ces deux parcours.

Quand l'appareil est dans un vent d'éther de vitesse v, on peut remplacer, conformément à la proposition précédente, les deux nouveaux parcours de la lumière par les anciens parcours $SA_1B_1 \ldots L_1M$ et $SA_2B_2 \ldots L_2M$, pour calculer (au quatrième ordre près en β) les nouveaux temps de parcours T'_1 et T'_2.

On obtient aisément les deux valeurs suivantes :

$$T'_1 = \frac{1}{c}\sum l_1\left[1 + \frac{\beta^2}{2} - (\beta + \beta^3)\cos\theta_1 + \frac{\beta^2}{2}\cos^2\theta_1\right],$$

$$T'_2 = \frac{1}{c}\sum l_2\left[1 + \frac{\beta^2}{2} - (\beta + \beta^3)\cos\theta_2 + \frac{\beta^2}{2}\cos^2\theta_2\right] \quad \text{(au quatrième ordre près en } \beta\text{)},$$

l_1 et l_2 désignant des éléments des deux parcours, faisant des angles θ_1 et θ_2 avec le courant d'éther. On en déduit :

$$T'_1 - T'_2 = T_1 - T_2 + \frac{\beta^2 D}{2c}[\cos^2\Theta_1 - \cos^2\Theta_2] \quad \text{(au troisième ordre près en } \beta\text{)},$$

D désignant la longueur de chacun des deux parcours, suivant les deux bras de l'appareil, Θ_1 et Θ_2 les angles qu'ils font avec la vitesse v du courant d'éther.

Lorsqu'on prend différents points M de l'écran, la différence entre $T'_1 - T'_2$ et $T_1 - T_2$ reste constante. Les franges sont donc les mêmes que pour l'appareil au repos dans l'éther, mais elles sont déplacées d'une quantité x, dont le rapport à l'écartement δ des franges est

$$\frac{x}{\delta} = \frac{\beta^2 D}{2c}(\cos^2\Theta_1 - \cos^2\Theta_2) : \frac{\lambda}{c} = \frac{D}{2\lambda c^2}(v_1^2 - v_2^2),$$

v_1 et v_2 désignant les deux composantes suivant les deux bras de l'appareil de la vitesse v du courant d'éther, λ la longueur d'onde de la lumière utilisée.

On reconnaît le déplacement attendu, donné par la théorie simple ordinaire.

L'expérience conduisant à un déplacement nul ou très faible (Miller), il est nécessaire, si l'on veut rester dans les hypothèses faites (éther de Fresnel), d'admettre que l'appareil se déforme pendant sa rotation (contraction de Fitzgerald-Lorentz ou déformation équivalente).

Quelques réserves paraissent pouvoir être formulées au sujet de la conclusion de ces remarques. Il serait, semble-t-il, prématuré de déclarer que l'expérience conduit à un déplacement nul ou très faible tant que le professeur Miller n'aura pas publié ses résultats expérimentaux avec les détails nécesaires pour permettre leur discussion. D'autre part, des résultats nuls ou très faibles ne nécessiteraient pas forcément la déformation de l'appareil et pourraient s'expliquer soit par l'entraînement de l'éther placé dans le voisinage immédiat de la terre, soit par une participation des ondes lumineuses (au moins dans le voisinage de la source) à la vitesse de la source de lumière, soit par l'attribution à la réflexion de la lumière par des miroirs en mouvement de certaines propriétés au sujet desquelles diverses hypothèses ont déjà été émises.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les températures correspondantes des corps solides.* Note [1] de M. **A. Brodsky**, transmise par M. H. Le Chatelier.

M. F. Michaud [2] a démontré dans ses recherches, consacrées aux chaleurs spécifiques et aux entropies des corps solides, par voie empirique, que le rapport $\frac{C}{T}$ (C étant la chaleur spécifique, T la température absolue) devient maximum pour une certaine température T_m, différente pour les différents corps solides. M. F. Michaud appelle le rapport $\frac{T}{T_m}$ température correspondante et démontre ensuite qu'aux mêmes valeurs de ce rapport correspondent pour tous les corps solides des chaleurs spécifiques et des entropies égales et que la loi de Dulong et Petit n'est juste que pour les mêmes températures correspondantes.

Il est facile de faire voir que toutes ces relations peuvent être déduites de la théorie moderne des chaleurs spécifiques.

Prenons, par exemple, la formule d'Einstein la plus simple, qui est assez rigoureuse pour le cas actuel :

$$C_v = 3R\frac{\left(\frac{X}{T}\right)^2 e^{\frac{X}{T}}}{\left(e^{\frac{X}{T}}-1\right)^2} \qquad (X=\beta\nu) \tag{1}$$

(où $\beta = 6{,}55.10^{-27}$ erg.sec^{-1} et $\nu =$ la fréquence des rayons infrarouges).

Posons la première dérivée de $\frac{C}{T}$ égale à zéro, ce qui nous donne l'équation

$$\frac{X}{T}\frac{e^{\frac{X}{T}}+1}{e^{\frac{X}{T}}-1} - 3 = 0, \tag{2}$$

avec les racines réelles et positives

$$T_1 = +\infty; \qquad T_2 = 0; \qquad T_3 = 0{,}40118\ldots X,$$

qui transforment la deuxième dérivée

$$\frac{2C_v}{T^3}\left[3 - \frac{X}{T}\frac{e^{\frac{X}{T}}+1}{e^{\frac{X}{T}}-1} - \frac{X}{2T}\left(\frac{2\frac{X}{T}e^{\frac{X}{T}}+e^{\frac{X}{T}}+\frac{X}{T}+1}{e^{\frac{X}{T}}-1}\right)\right], \tag{3}$$

---

[1] Séance du 24 août 1924.

[2] Félix Michaud, *Correspondance des corps à l'état solide* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 168).

T_1 et T_2 en zéro, et T_3 en une grandeur finie et positive. C'est-à-dire que T_3 est la température qui correspond au maximum de $\frac{C_v}{T}$, ou la température T_m de M. F. Michaud. On voit bien que T_m doit dépendre de l'espèce du corps solide, car X en dépend.

Désignons ensuite les températures correspondantes (dans le sens que leur donne M. F. Michaud) par θ, ce qui nous donnera la relation

$$\theta = \frac{T}{T_m} = 2{,}49\,\frac{T}{X}. \tag{4}$$

D'autre part, pour tous les corps solides, selon les théories modernes, la chaleur spécifique est

$$C_v = f\left(\frac{X}{T}\right),$$

ce qui nous donne en combinant avec (4)

$$C_v = f\left(\frac{2{,}49}{\theta}\right) = f_1(\theta).$$

Cette dernière relation, ne contenant aucune constante individuelle, prouve bien que la valeur de C_v, c'est-à-dire de la chaleur spécifique pour les mêmes valeurs de θ, ne dépend pas de l'espèce du corps solide.

De même pour l'entropie

$$S = S_0 + \varphi\left(\frac{X}{T}\right),$$

en raison de (4) et du théorème de Nernst (S_0 égale pour tous les corps solides), nous parvenons au même résultat (ce qui a été déjà démontré par M. F. Michaud).

Les autres formules, déduites de la théorie des quanta, telles que celle de Nernst, Lindemann, de Debye, etc., conduisent au même résultat.

Pour vérifier les formules trouvées, nous pouvons utiliser les exemples de M. F. Michaud (exp.), en y joignant les T_m et les C, calculés (calc.) à l'aide des formules (1), (Y) et celle de F. Lindemann [1].

---

[1] $\chi = 97\,T_s^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} V^{\frac{1}{3}}$ (T_s, point de fusion; M, poids atomique; V, volume atomique). F. LINDEMANN, *Phys. Zeitschr.*, t. **11**, 1910, p. 609.

	T_m		C_{T_m}		C_{2T_m}		C_{3T_m}		C_{4T_m}	
	exp.	calc.	exp.	calc.	exp.	calc.	exp.	calc.	exp.	calc.
Al....	115	115	3,5	3,62	5,2	5,25	5,7	5,62	5,8	5,80
Cu....	92	92	3,5	»	5,04	»	5,74	»	5,92	»
Zn....	65	69	3,5	»	4,91	»	5,46	»	5,9	»
Ag....	62	63	3,6	»	4,98	»	5,64	»	5,82	»
Pb...	26	27,5	3,6	»	4,94	»	5,44	»	5,7	»
Valeur moyenne..			3,54	3,62	5,01	5,25	5,60	5,62	5,84	5,80

Il reste à dire que le zéro absolu est aussi une température correspondante pour tous les corps $\left(\theta = \frac{T}{T_m} = 0\right)$ et que l'additivité des chaleurs spécifiques pour cette température correspondante s'accorde avec les conséquences du théorème de Nernst (selon ce théorème la loi de Neumann n'est juste que pour $T = 0$).

Quoique toutes nos relations aient été déduites pour C_v (chaleur spécifique à volume constant), elles sont tout de même d'accord avec les relations de M. F. Michaud, vérifiées pour des pressions constantes, car pour les températures considérées (qui sont ordinairement inférieures à zéro centigrade), la différence de deux chaleurs spécifiques est encore négligeable.

Pour les températures plus élevées, par exemple $6\,T_m$, $7\,T_m$, etc., ces relations ne seront applicables qu'aux chaleurs à volume constant.

La température T_m a un certain sens physique — c'est la limite supérieure de la région T^3 de Debye, où les atomes rayonnent selon les lois de Stefan-Boltzmann [1], et la limite inférieure de la région plane des courbes de chaleurs spécifiques.

En effet, pour la première région,

$$C = aT^3$$

et pour la deuxième

$$C = a_1 + a_2 T + a_3 T^2 + \ldots.$$

Les deux formules ne donnent pas de maximum pour $T > 0$, au moins pour des coefficients a, a_1, a_2, ... qui s'accordent avec l'expérience. Il est clair que T_m se trouve entre ces deux régions, c'est-à-dire sur la branche de la courbe qui croît rapidement (comme on peut le voir notamment pour le cuivre, selon les expériences de Nernst).

---

(1) P. Debye, *Ann. der Phys.*, t. 39, 1913, p. 789.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation permanganique du nopinène.* Note [1] de M. **Georges Brus**, transmise par M. Paul Sabatier.

Baeyer [2] a montré que, par oxydation permanganique de l'essence de térébenthine de Bordeaux, il y a formation, à côté d'acide pinonique, d'un acide isomère : l'acide nopinique, caractérisé par la faible solubilité de son sel de Na. Le rendement est de 1 pour 100 pour la fraction distillant entre 155° et 157°, de 6 pour 100 pour la fraction, plus riche en nopinène, distillant entre 160° et 164° [3]. *Il ne correspond nullement à la teneur de l'essence en nopinène qui, d'après les données les plus récentes* [4], *est de* 28 *pour* 100.

L'oxydation de l'essence par la méthode de Wallach [5] (700^g de MnO^4K et 150^g de NaOH pour 300^g d'essence) est beaucoup plus rapide et permet d'obtenir directement le nopinate de Na cristallisé, avec un rendement de 2,5 à 5 pour 100. Wallach a montré également que, dans l'oxydation du nopinène synthétique, le rendement en acide nopinique reste faible et est simplement amélioré [6].

L'avantage de posséder du nopinène pur séparé par fractionnement de l'essence du pin maritime, à l'aide de l'appareil distillatoire de M. G. Dupont [7], m'a incité à reprendre cette étude. Le carbure étudié avait les constantes suivantes :

$$E = 162°\text{-}163°, \qquad d_5 = 0,869, \qquad n_{D_{15}} = 1,475.$$

Longueurs d'ondes λ[8]........	589$^{\mu\mu}$	578$^{\mu\mu}$	546$^{\mu\mu}$	436$^{\mu\mu}$
Pouvoirs rotatoires [α].......	−22,1	−22,8	−23,9	−23,5

L'oxydation permanganique du *nopinène* (I) conduit d'abord au *nopinène-glycol* (II), puis à l'*acide nopinique* (III). Celui-ci est partiellement

---

(1) Séance du 4 août 1924.

(2) A. Baeyer, *Ber.*, t. 29, 1896, p. 22, 25, 1923.

(3) Ascham et Alrlström, *Ber.*, t. 39, 1906, p. 1441.

(4) G. Dupont, *Annales de Chimie*, 10e série, t. 1, mars-avril 1924, p. 148.

(5) Wallach, *Ann. Chem.*, t. 357, 1907, p. 227.

(6) Wallach, *Ann. Chem.*, t. 363, 1908, p. 1.

(7) G. Dupont, *loc. cit.* et *Chimie et Industrie*, t. 8, 1922, p. 549.

(8) Les radiations λ = 578, 546 et 436$^{\mu\mu}$ sont les radiations jaune, verte et indigo de l'arc au Hg.

détruit au moment de sa formation et donne de la *nopinone* (IV) suivant l'équation

$$C^{10}H^{16}O^{3} + O \rightarrow C^{9}H^{14}O + CO^{2} + H^{2}O.$$

I.	II.	III.	IV.
CH^{2} ‖ C	$CH^{2}OH$ – COH	$CO^{2}H$ – COH	CO
CH^{2}, CH, CH^{2}, CH^{2}, C(CH^{3})^{2}, CH	CH^{2}, CH, CH^{2}, CH^{2}, C(CH^{3})^{2}, CH	CH^{2}, CH, CH^{2}, CH^{2}, C(CH^{3})^{2}, CH	CH^{2}, CH, CH^{2}, CH^{2}, C(CH^{3})^{2}, CH

La faiblesse des rendements en acide nopinique tient aux réactions secondaires : formation de glycol et surtout de nopinone; divers essais m'ont montré que les proportions de nopinène inaltéré, de glycol et de nopinone sont d'autant plus grandes, par suite, le rendement en acide nopinique d'autant plus faible, *que la réaction est plus rapide et sa température plus élevée.*

L'oxydation a été conduite suivant la technique qui, appliquée au pinène, nous a permis, avec M. Dupont, d'améliorer très sensiblement les rendements en acide pinonique [1]. La méthode consiste :

1° A établir un contact aussi parfait que possible entre les liquides non miscibles;

2° A neutraliser par un courant de CO^{2} la potasse formée d'après la réaction

$$2\,MnO^{4}K + C^{10}H^{16} \rightarrow C^{10}H^{15}O^{3}K + KOH + 2\,MnO^{2}.$$

On peut ainsi maintenir la température au-dessous de 40°, la potasse jouant en effet un rôle accélérateur très marqué.

On opère comme il suit : à une solution de 233^{g} de $MnO^{4}K$ dans 2^{l},5 d'eau, on ajoute une émulsion de 100^{g} de nopinène dans 500$^{cm^{3}}$ d'eau et l'on agite énergiquement. On fait barboter un courant de CO^{2}. L'oxydation dure environ 2 heures. Les liquides, séparés par filtration de MnO^{2}, sont concentrés dans le vide dans un courant de CO^{2}, puis agités avec de l'éther ou du chloroforme.

---

(1) G. Dupont et G. Brus, *Annales de Chimie*, 9e série, t. 19, avril 1923, p. 186.

Par évaporation du solvant, j'ai obtenu une huile qui, après réfrigération, abandonne de petits cristaux de nopinène-glycol (F. 75-76°). L'huile essorée est un mélange de glycol et de nopinone qui a été caractérisée par sa semicarbazone (F. 188°).

On libère l'acide nopinique de son sel de K par SO^4H^2 au $\frac{1}{10}$, puis on l'extrait par épuisement à l'éther; on le purifie par transformation en nopinate de Na cristallisant en beaux feuillets nacrés. L'acide extrait à nouveau par SO^4H^2 et l'éther cristallise immédiatement. Il reste toutefois un acide huileux, dont la faible quantité ne m'a pas permis l'étude.

A partir de 100^g de nopinène, j'ai obtenu en moyenne de 35 à 40^g d'acide nopinique, fondant à 126°-127°. Son pouvoir rotatoire, en solution alcoolique, à la concentration de 10 pour 100, est à 20°

$$[\alpha]_D = -15°,8.$$

Les cristallisations successives ne font pas varier ses constantes, *c'est donc de l'acide nopinique gauche exempt de racémique*, fait qui est d'accord avec les travaux de MM. Darmois, Vavon, Pariselle, qui considèrent le nopinène comme une *variété optique pure*.

L'oxydation de l'acide par PbO^2 en milieu acétique a conduit à la nopinone (E. 209° semicarbazone, F. 188°). Il en est de même de l'oxydation du nopinate de Na par MnO^4K, à chaud et surtout en présence de SO^4H^2 dilué.

L'acide nopinique, peu soluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool, l'éther, cristallise de ces solvants en longues aiguilles. Très soluble à chaud dans le benzène, il cristallise par refroidissement en aiguilles soyeuses; par évaporation ou refroidissement très lent, il se forme au contraire de gros cristaux, s'effleurissant à l'air et devenant opaques, qui sont constitués par une combinaison benzénique de l'acide nopinique. Les mêmes faits s'observent avec le toluène. Après avoir perdu leur benzène ou leur toluène de cristallisation, les cristaux opaques fondent à 126° et ont le même pouvoir rotatoire − 15°,8.

L'étude cristallographique de l'acide nopinique et de ses combinaisons benzénique et toluénique sera publiée ultérieurement.

GÉOLOGIE. — *Les massifs des Djebilet et du Rehamna (Maroc).* Note (¹) de M. J. **Barthoux**, présentée par M. H. Douvillé.

Au cours des hivers de 1922 et 1923, j'ai relevé, entre Marrakech et l'Oued Oum-Rebiâ, la géologie de huit demi-feuilles au 1/200000^{e}. Leur assemblage constitue une carte complète du Djebilet et des Rehamna.

Ces deux massifs ont respectivement 120 et 50^{km} de plus grande dimension et sont situés, le premier au nord de Marrakech, à cheval sur 35^{g}40', l'autre en bordure rive gauche de l'Oum-Rebiâ, au voisinage de Mechra Ben-Abbou. Ils sont constitués par les formations suivantes :

Précambrien. — Schistes gris et phyllades verdâtres, tendres, se débitant en fragments lenticulaires qui ont joué en donnant des surfaces *en miroirs.* Ils sont localisés à l'extrémité occidentale du Djebilet et au Sud-Ouest des Rehamna (Ali b. Sidra).

Cambrien. — Schistes siliceux ou grès schisteux compacts, rouges ou gris verdâtre, avec patine violacée ou verdâtre sombre, caractéristique. On y recueille en abondance : *Paradoxides rugulosus, Conocephalites* aff. *Sulzeri, Ptychoparia Barthouxi* (²). L'allure générale des couches est N 20° E avec bouleversements locaux. Ce Cambrien forme une large bande de 30^{km} en bordure du Précambrien, à l'extrémité Ouest du Djebilet; on le retrouve en bordure occidentale des Rehamna; au Nord-Ouest de ceux-ci il apparaît en une bande étroite (souk el Djemâ) qui se continue le long de l'Oum-Rebiâ jusqu'à Bou-Laouane.

Ordovicien. — Grès compact, blanc ou rosé, identique aux grès armoricains ou aux grès de May. Il en existe quatre bancs d'une épaisseur variable, atteignant 40^{m}, noyés dans des schistes gris devenant ardoisés ou argentés au sommet. *Calymmene Tristani* y a été signalé sans indication de provenance (³).

L'Ordovicien est disposé en une bande parallèle à la précédente dans le Djebilet et constitue le reste des Rehamna et l'extrémité orientale des Djebilet. Les bancs de grès sont le plus souvent disloqués; toutefois, vers l'Ouest, ils sont disposés en synclinaux enchâssés dans le Cambrien ou les schistes argentés.

(¹) Séance du 1er septembre 1924.

(²) Cf. Mansuy, *Description de quelques trilobites cambriens du Maroc* (*B. S. G. F.*, t. 22, 1922, p. 285).

(³) Documents inédits du Service des Mines du Maroc.

Gothlandien. — Existe en puissance dans les schistes argentés précédents, épais de plusieurs kilomètres autant qu'on en puisse juger par le Dj. Dzouz où leur disposition n'est troublée par aucun bouleversement important. On trouve localement des calcaires siliceux riches en polypiers et bryozoaires, contenant une petite forme d'*Atrypa reticularis* rattachée à cet étage. Ces calcaires constituent les Dj. Ardouz, Iaghout, et apparaissent au nord du Dj. Bou-Gader ainsi qu'au kilomètre 8 de la route Mechra b. Abbou-Marrakech.

Dévonien. — Complexe schisto-calcaire faisant suite aux schistes précédents, bien développé dans le Dj. Tekzim où P. Russo (¹) a découvert une faune coblencienne à *Orthis Beaumonti*, *Spirifer Esquerræ*, *Posidonomya Pargai*. Cette formation n'est décelée que par les lambeaux d'un calcaire à entroques disloqué, répartis au centre du Djebilet.

Carbonifère. — Schistes gréseux rouges ou verdâtres, poudingues et calcaires blancs ou rouges contenant *Productus semireticulatus* et des Spirifers. Ces formations ne se rencontrent qu'au voisinage immédiat de Mechra b. Abbou. Elles sont disposées en un anticlinal dont l'axe plonge au Nord-Est.

Roches éruptives. — Cet ensemble est traversé par les roches éruptives suivantes : *Granite akéritique* (massif de Si Md Djirari), *granite monzonitique* (massif de Si Abd-el-Rahman), *granulite* (Dj. Baram), *Gabbro* (Dj. Gettara, Dj. Salghaf), *ophite* et *labradorite, trachyte, dacitoide, rhyolite*, roches qui seront étudiées plus amplement.

La disposition des formations précédentes, leur orientation, leur situation, les relient aux formations semblables et semblablement disposées, signalées par A. Brives dans l'Atlas, orientées elles-mêmes suivant une bande de direction N 20° E, direction suivant laquelle se placent non seulement les Djebilet et Rehamna; mais encore le Cambrien de la côte (Casablanca et Oued Cherrat), le Gothlandien de Boulhaut et de l'Oued Akrech, le Dévonien et le Carbonifère de la dépression de l'Oued Atech, etc.

Les Djebilet et Rehamna émergent d'un plateau crétacé profondément érodé au Sud et à l'Est où s'y substituent des plaines alluviales. L'une d'entre elles sépare les deux massifs. Il en surgit vers l'Ouest un plateau éocène. Voici d'ailleurs les formations postérieures au Paléozoïque rencontrées dans le district étudié :

(¹) P. Russo, *Le Dj. Tekzim* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 705).

Trias. — Grès roses, rouges ou lie de vin, salés. Des éléments détritiques grossiers que l'on retrouve ailleurs à la base de cette formation sont constitués de blocs anguleux de grès ordovicien aux arêtes émoussées, noyés dans des sables. On les observe aux environs de Ma.b. Abbou, où ils sont inclinés de 80° au Nord. Les grès sont répartis en lambeaux isolés, témoins d'une puissante formation arasée qui dans l'Atlas se montre épaisse de plusieurs kilomètres et repose en discordance sur le Paléozoïque. Un exemplaire de *Pseudomonotis* y a été trouvé près de Zima.

Grès gypso-argileux rouges. — Cette formation laguno-continentale d'âge varié est située, en bordure des Djebilet-Rehamna, à la base du Crétacé avec lequel elle est en concordance. Elle est divisée par des calcaires azoïques jaunes en deux étages. A Imintanout elle se confond insensiblement avec les bancs à *Exogyra Couloni*. Elle repose en discordance sur le Trias.

Crétacé inférieur. — Calcaires marneux jaunes contenant vers Chichaoua des fragments d'Ammonites du groupe *Hoplites* rappelant le Gault d'Imintanout et des Ida-ou-Tanan. Cette formation constitue une croûte calcaire de 10 à 50^m d'épaisseur; elle est disposée en un demi-cercle entourant vers le Nord et l'Ouest les deux massifs paléozoïques.

Crétacé moyen. — Craies cénomaniennes-turoniennes situées en bordure du plateau d'El-Boroudj. Elles ont été décrites antérieurement (1).

Éocène. — Deux étages superposés. *Base :* série phosphatée calcaire, arénacée ou argileuse, avec bancs de silex. Le phosphate de chaux (colophanite) y est en granules détritiques avec débris fossiles autochtones cités par Brives (2). *Sommet :* bancs calcaires et dolomitiques terminés par des dolomies à turritelles et thersitées. L'Éocène est disposé en une bande E-O qui rejoint, avec des solutions de continuité, l'Éocène couronnant le plateau d'El-Boroudj.

Plio-pléistocène. — Les lambeaux calcaires affleurant dans les Doukkala se rattachent aux formations à *Rotuloidea* de Safi. Des calcaires concrétionnés et des travertins situés presque à la surface des alluvions récentes, constituent une bande surtout développée en bordure méridionale du Djebilet. C'est la *carapace* des auteurs nord-africains.

---

(1) H. Douvillé, *Fossiles de la Chaouia...* (*B.S.G.F.*, 1910; 4e série, t. 10, p. 266).

(2) A. Brives, *Sur le Sénonien et l'Éocène de la bordure nord de l'Atlas* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 873), et *Le Suessonien dans le Maroc central* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 776).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Comparaison entre l'explosion d'Oppau et celle du 23 mai à la Courtine.* Note [1] de MM. **Rothé**, **Lacoste**, **Bois**, M^lle **Dammann** et M^me **Hée**, présentée par M. G. Bigourdan.

On sait qu'une forte explosion s'est produite à Oppau le 21 septembre 1921 et a été inscrite comme un tremblement de terre naturel par un certain nombre de stations. Ce sont, par ordre de distance : Heidelberg, Durlach, Feldberg, Hohenheim, Strasbourg, Nordlingen, Ravensburg, Zurich, Göttingen, Munich et De Bilt. Ces inscriptions ont permis des études approfondies [2].

Les inscriptions de Strasbourg ont été parmi les meilleures. Il était intéressant de rechercher si les vitesses de propagation correspondant aux émergences de l'expérience du 23 mai étaient les mêmes que les vitesses calculées pour les diverses ondes de l'explosion d'Oppau, et en particulier pour les maximums très nets que l'on voit sur les diagrammes. Les résultats de cette comparaison sont consignés dans le tableau suivant :

	La Courtine (23 mai).				Oppau (début $6^h 32^m 13^s$).			
	Heures.	Vitesses.	Périodes.		Heures.	Vitesses.	Périodes.	
	h m s	km/sec	sec	sec	h m s	km/sec	sec	sec
e_1	19.59.54,8	5,5	1/2		6.32.33	5,6	1/2 à 1	4
e_2 (I)								
e_3								
e_4 (II)	20. 0.01,1	2,1	1/5	1	32.55	2,5	1	8
e_5	02,2	1,9	1/5	1	33.03	2,3	ondes complexes	
e_6 (III) ...	03,7	1,7		1/2	33.24	1,65		1 1/2
					fin 39	1,36		1 1/2
e_7 (IV) ...	21,5	0,7		1/2	35.00	0,70		1
e_8	31,5	0,5		1/2	37	0,57		2 1/2
e_9 (V)	44,3	0,4		1/2	36.47	0,43		2

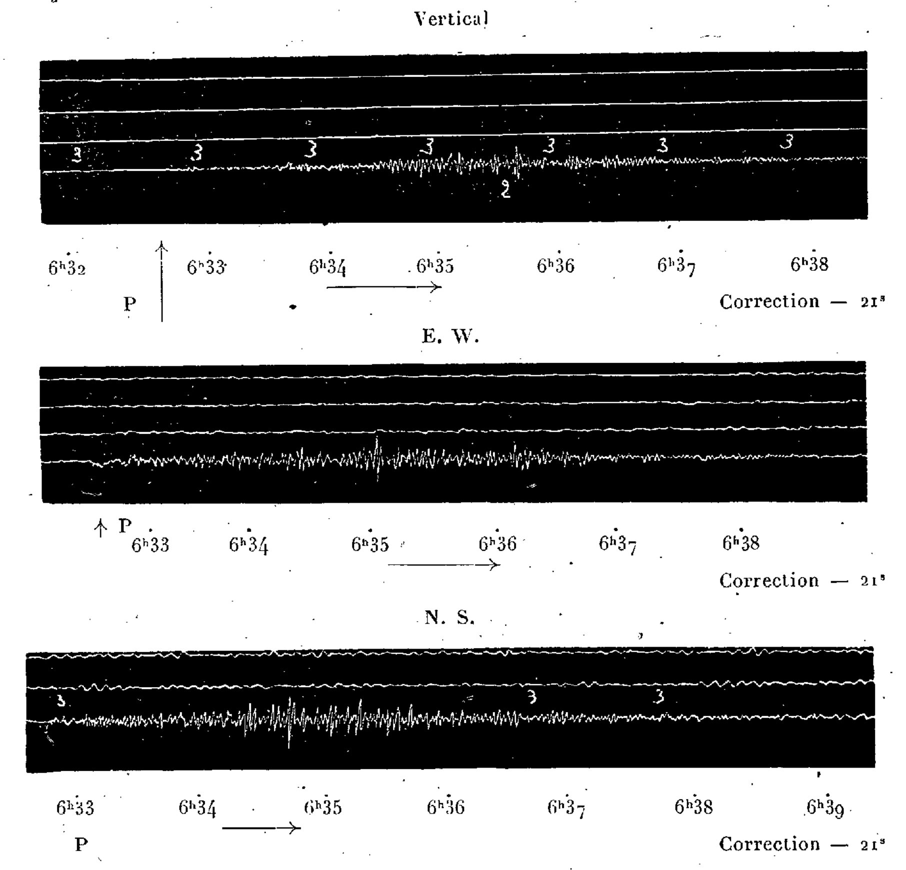
Remarques. — I. A partir du début sur le diagramme d'Oppau, et à partir d'un point situé entre e_1 et e_2 sur celui de la Courtine, on distingue nettement la superposition d'ondes de grande et petite période jusqu'à e_6 et $6^h 32^m 24^s$. A ce moment-là les courtes périodes disparaissent complètement. On ne peut établir de correspondance nette pour les émergences e_2 et e_3; on voit apparaître sur la feuille d'Oppau des ondes de $\frac{1}{5}$ et $\frac{2}{5}$ de

(1) Séance du 28 juillet 1924.

(2) Hecker, *Die Explosionskatastrophe von Oppau.* Iena, 1922. (Publication de la station sismologique centrale.) — D. Wrinch et H. Jeffreys, *On the seismic Waves from the Oppau Explosion* (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Geophysical Supplement, vol. 1, n° 2, janvier 1923).

seconde de période, mais d'amplitude très faible; les débuts disparaissent dans l'épaisseur du trait.

II. On distingue des amplitudes subitement plus grandes sur les deux diagrammes, devenant rapidement plus petites, mais encore notables pour e_5.

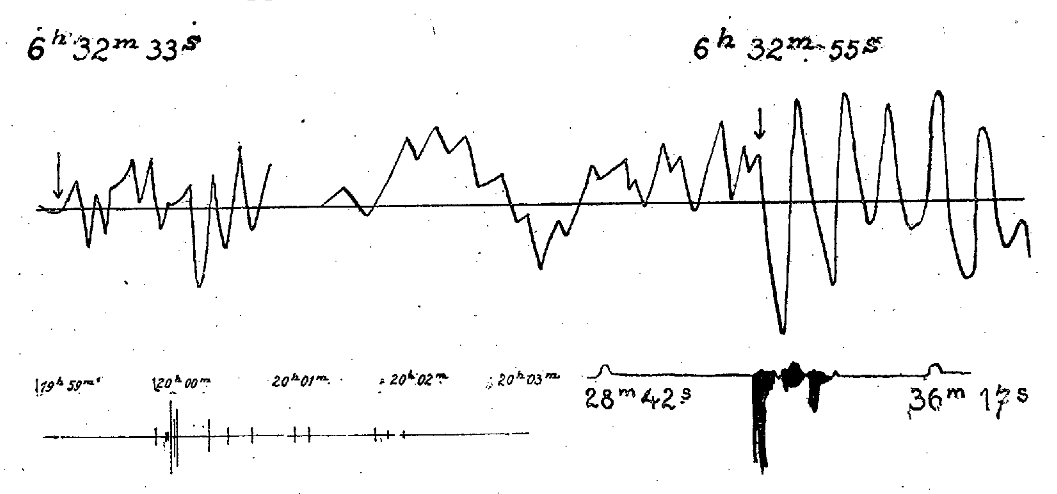


III. Disparition des ondes courtes. On a affaire à des ondes de Rayleigh : la fin, indiquée pour Oppau, ne peut l'être pour la Courtine, l'appareil, peu amorti, continuant à vibrer avec sa période propre.

IV. e_7, e_8, e_9, trains d'ondes distincts correspondant aux maximums très nets de l'explosion d'Oppau. Après cela, il n'y a plus de maximums nets pour Oppau, et l'on ne peut indiquer de correspondance pour les trains suivants de la Courtine.

V. Les périodes sont, d'une façon générale, beaucoup plus grandes pour l'explosion d'Oppau que pour celle de la Courtine; mais l'appareil Wiechert, avec lequel ont été obtenus les diagrammes d'Oppau, ne permettant pas de

distinguer des périodes de $\frac{1}{25}$ de seconde, on ne peut pas établir de relation nette entre le rapport des périodes et celui des distances.



Le tableau ci-dessus indique des correspondances souvent bien accusées entre les deux inscriptions; il se manifeste également des divergences en plusieurs points. Mais il y a lieu de remarquer que les appareils d'inscription ont des périodes trop différentes pour que les graphiques soient exactement comparables. Pourtant, si l'on réduit à la vitesse de déroulement normal l'inscription de la Courtine, et si l'on tient compte seulement des amplitudes et non des formes des ondes inscrites, à cause de la période propre de l'appareil Mintrop et de son faible amortissement, on obtient une figure dont les traits généraux rappellent ceux des sismogrammes des explosions d'Oppau, ceux en particulier obtenus pour des stations très proches, comme Heidelberg (29^{km}).

Hecker dans son Mémoire indique les valeurs suivantes, calculées pour la vitesse de propagation des premières ondes d'après la différence entre les heures d'arrivée aux stations suivantes :

	Göttingen.	Zurich.	Ravensburg.
	km/sec	km/sec	km/sec
Heidelberg	5,82	5,68	5,77
Feldberg	5,75	5,55	5,63
Hohenheim	5,81	5,85	5,67
Strasbourg	5,80	5,81	5,65

Moyenne générale .... 5,73 ± 0,04 km/sec

Ce nombre est voisin de 5,6 admis pour Mohorovičić; il semble donc devoir être actuellement adopté pour la vitesse de propagation des premières ondes à courte distance.

BACTÉRIOLOGIE. — *Atténuation de la virulence du* Bacillus anthracis *à forme sporogène. Pouvoir immunisant du Bacillus atténué.* Note de M. E. **Ducloux**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans une Note antérieure (¹) nous avions signalé l'importance des modifications morphologiques et biochimiques de *Bacillus anthracis* cultivé sur des milieux à base d'hydrates de carbone. Nos expériences avaient d'abord porté sur des milieux végétaux, et déjà nous avions constaté une atténuation de la virulence (inhérente aux changements cytoplasmiques). Depuis, nous basant d'une part sur des considérations du même ordre, d'autre part sur ce fait qu'un organisme cultivé sur un milieu qui n'est pas son habitat normal subit de profondes variations de structure et de composition, nous nous sommes adressé, en dernière analyse, au bouillon de foie de poisson. Son action, combinée à celle des mucilages, nous a permis d'obtenir une atténuation, après un certain nombre de passages en série.

Le bouillon est préparé avec le foie de *Gadus merlangus*, à raison de 15 à 20^{g} de foie, que l'on met à macérer dans 100^{g} d'eau pendant plusieurs heures. On soumet ensuite le produit de la macération à une ébullition de quelques minutes, suivie d'une filtration et de la stérilisation à 120°. Les petites quantités de glucose que contient le milieu au foie diminuent sensiblement dans les cultures des premiers passages, pour conserver dans les autres une teneur voisine de celle du milieu neuf.

Les races de *Bacillus anthracis* que nous avons utilisées dans le cours de nos expériences ont été recueillies sur différents points de la Tunisie, ce qui nous a conduit à la préparation d'un vaccin polyvalent. Une culture de 48 à 72 heures en bouillon ordinaire de ces diverses races présente, à l'examen microscopique, un mycélium bien constitué, avec des spores formées ou en formation; certains éléments sont encapsulés. Lors des premiers passages sur les bouillons de foie de *Gadus merlangus*, quelques modifications se marquent déjà; ainsi les bâtonnets sont à extrémités plus ou moins arrondies et leur centre est incurvé; les spores se forment plus difficilement, mais la capsule des éléments capsulés persiste. Le bacille continue à prendre le Gram.

Au fur et à mesure que nous pratiquons les ensemencements successifs, les changements morphologiques signalés ci-dessus s'accusent et de plus le mycélium se fragmente et s'amincit.

(¹) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1527.

A la suite de ces passages, nous sommes arrivé à constituer des variétés de *Bacillus anthracis* qui ont acquis des propriétés de sporulation et de virulence à un degré déterminé, que nous avons fixé pour la préparation d'un vaccin, car à ce degré les cultures ont un pouvoir vaccinal défini.

Nous avions essayé de réaliser la vaccination unique, appréciable par certains côtés (gain de temps, de déplacement lorsqu'il s'agit de vétérinaires de colonisation appelés à vacciner dans les centres éloignés); mais nous avons préféré abandonner, du moins provisoirement, cette façon de voir, devant les résultats si différents obtenus.

Les animaux domestiques, plus ou moins sensibles à la fièvre charbonneuse, appartiennent en effet à des races diverses, les unes étant des indigènes, les autres provenant de souches européennes ou des croisements de ces races.

L'immunisation dans ces cas est difficile à obtenir par une vaccination unique. Nous continuons, néanmoins, à rechercher un procédé de monovaccination, tout en pratiquant pour le moment la double vaccination qui confère à nos animaux une immunité solide en même temps que durable.

Nous expérimentons ce vaccin depuis plusieurs années et notre technique nous paraît suffisamment au point pour que nous rapportions aujourd'hui quelques-uns de nos essais, tentés parfois seuls, parfois comparativement avec des vaccins étrangers.

I. Vaccins de Tunis. — 66 moutons de races européennes, sensibles à la fièvre charbonneuse, ont été vaccinés avec $\frac{1}{8}$ de centimètre cube de premier et de deuxième vaccins à 12 jours d'intervalle.

Contre-épreuve. — 1° : 22 des moutons vaccinés reçoivent sous la peau une goutte de culture virulente de 36 heures, en bouillon ordinaire. *Tous ont survécu.*

Sur les 5 témoins, 3 sont morts du charbon après 48 heures; les 2 autres ont présenté un vaste œdème, en même temps que la courbe thermique s'est élevée jusqu'à 41°,3.

2° Les 44 moutons vaccinés restants ont reçu une goutte et demie de culture virulente de 36 heures sur bouillon ordinaire.

4 sont morts de charbon 4 jours après l'injection virulente. Les 5 agneaux témoins sont morts charbonneux 48 à 72 heures après.

II. Vaccin étranger. — 50 moutons de races sensibles au charbon ont été vaccinés, en même temps que les 66 mentionnés ci-dessus, avec $\frac{1}{8}$ de centimètre cube de premier et de deuxième vaccins étrangers, à 12 jours d'intervalle.

Contre-épreuve. — La contre-épreuve a été faite simultanément avec celle des moutons vaccinés avec le vaccin de Tunis, de la façon suivante :

1° : 29 moutons du lot de 50 ont reçu sous la peau une goutte de culture virulente de 36 heures, en bouillon ordinaire; 7 moutons sont morts de charbon 60 heures environ après l'injection virulente. Les témoins étaient communs à ce lot et à celui des 22 moutons du vaccin de Tunis que nous avons signalés plus haut.

2° Les 21 moutons restants ont reçu 1 goutte ½ de culture virulente de 36 heures en bouillon ordinaire parallèlement à la contre-épreuve pratiquée sur le deuxième lot de 44 moutons de vaccin de Tunis (les témoins ici ont été communs aussi à ce lot).

11 moutons sont morts du charbon : l'un après 36 heures ; les autres 48, 72 et 108 heures après l'inoculation.

La mortalité a donc atteint un pourcentage de 6 seulement sur les moutons vaccinés avec le vaccin de Tunis, alors qu'elle s'est élevée à 36 pour 100 de l'effectif des moutons vaccinés avec le vaccin étranger.

La valeur d'une méthode d'immunisation se justifiant par les résultats de son application dans la pratique, il a été procédé, jusqu'à ce jour, à la vaccination de 20313 bovins et 10924 ovins sur des troupeaux sains ou atteints de fièvre charbonneuse.

Chaque fois les résultats ont été satisfaisants, avec arrêt de la mortalité dans les troupeaux contaminés.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur l'ammonisation de l'azote aminé par les microsiphonées du sol.* Note de M. G. **Guittonneau**, transmise par M. Lindet.

J'ai précédemment indiqué (¹) que plusieurs microsiphonées du sol dont je poursuis l'étude sont d'actifs agents de désagrégation de la matière organique. Elles peuvent, à elles seules, pousser fort loin cette désagrégation et libérer, sous la forme ammoniacale, une partie plus ou moins importante de l'azote engagé dans la constitution des protides (²).

De pareilles propriétés ont été signalées, pour des organismes analogues, par plusieurs auteurs et, en particulier, par Macé (³) pour *Cladothrix chromogenes*, par Fousek (⁴) pour *Streptothrix chromogena* et *Streptothrix alba*, par Münter (⁵), par Krainsky (⁶), ainsi que par Selman et Waksman (⁷) pour un nombre important d'Actinomycètes.

J'ai montré que les microsiphonées sur lesquelles j'ai attiré l'attention faisaient apparaître, dans les cultures, une quantité d'ammoniaque maxima

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 895.

(²) Nouvelle nomenclature (Conférence internationale de la Chimie 1923, 1924).

(³) *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 147.

(⁴) *Mitt. d. landw. Lehrkanzel d. K. k. Hochsch. f. Bodenkult. Wien*, 1, 1912, p. 217-244.

(⁵) *Centralbl. für Bakt.*, 2. Abt., Bd 39, 1914, p. 561-566.

(⁶) *Centralbl. für Bakt.*, 2. Abt., Bd 41, 1914, p. 675.

(⁷) *Journal of Bacteriology*, vol. 4, 1919, p. 189 et 301.

lorsqu'elles ne recevaient que de la peptone comme aliment azoté [1]. Elles doivent alors trouver l'énergie nécessaire à leur vie dans l'oxydation des restes carbonés des acides aminés résultant de l'hydrolyse des protides. On peut admettre que la *désamination de ces acides* précède les oxydations envisagées, et ce processus de digestion, qui semble d'ordre général en physiologie, apparaît dès lors comme la déterminante essentielle du phénomène de l'*ammonification*.

Pour vérifier la justesse d'une telle conception, il fallait, avant tout, montrer que les organismes étudiés sont capables d'ammoniser l'azote des acides aminés. J'ai pu établir qu'il en est bien ainsi avec le *glycocolle*, l'*alanine*, la *leucine* et la *tyrosine*. Ces faits résultent de l'expérience suivante :

J'ai cultivé chacune des sept microsiphonées déjà signalées dans mes précédentes Notes sur des solutions nutritives synthétiques, aussi complètes que possible, mais ne renfermant aucune autre source de carbone organique, ni d'azote, que les acides aminés indiqués. Ces acides furent donc ajoutés, à la raison de 1 pour 1000 environ, au milieu minéral que j'ai antérieurement défini [2].

Les cultures, préparées en couche mince dans des tubes à essai inclinés, en présence d'un léger excès de carbonate de chaux, ont été maintenues à 20-25° pendant 10-12 jours.

Lorsque les organismes mis en expérience se sont développés dans de telles conditions, ils ont formé leur mycélium lentement, et l'azote désaminé non utilisé s'est accumulé dans les cultures sous la forme ammoniacale, facile à séparer par distillation en présence de magnésie.

	Glycocolle. Azote aminé initial : 18,9.		*Alanine.* Azote aminé initial : 15,4.		*Leucine.* Azote aminé initial : 9.		*Tyrosine.* Azote aminé initial : 6,5.	
Numéros.	N de NH^3 formé dans les cultures.	N ammonisé % de N aminé initial.	N de NH^3 formé dans les cultures.	N ammonisé % de N aminé initial.	N de NH^3 formé dans les cultures.	N ammonisé % de N aminé initial.	N de NH^3 formé dans les cultures.	N ammonisé % de N aminé initial.
1....	5,4	28,5	9	58,4	1,3	14,4	2,8	43,0
2....	12,4	65,6	9,1	59,0	0,9	10,0	3,0	46,1
3....	2,6	13,7	8,7	56,4	0	0	2,3	35,3
4....	5,8	30,6	6,6	42,8	0,5	5,5	1,8	27,7
5....	2,1	11,1	8,5	55,2	0	0	3	46,1
6....	2,7	14,2	4,9	31,8	0,7	7,7	0,9	13,8
7....	11,0	58,2	8,5	55,2	1,4	15,5	3,7	56,9

Les méthodes couramment employées en microanalyse (microkjeldahl) m'ont permis de déterminer les chiffres figurant dans le tableau suivant. Les poids indiqués pour l'azote aminé initial et pour l'azote de l'ammo-

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 895.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1383 et 1384.

niaque formée dans les cultures y sont exprimés en milligrammes pour 100^{cm^3}, déduction faite des traces d'azote ammoniacal préexistant dans les témoins.

Il convient de remarquer que la tyrosine se prête assez mal à ce genre d'expérience, en raison de sa faible solubilité. L'ammonisation de son azote n'est cependant pas douteuse. D'autre part, les cultures qui la renferment sont devenues roses dans presque tous les cas, et rouge foncé avec les organismes nos 3 et 7. Ces colorations sont l'indice d'une production de tyrosinase que j'ai déjà signalée [1].

Conclusion. — Le phénomène de l'ammonisation de l'azote aminé sous l'action des microsiphonées étant établi dans sa généralité, l'examen du tableau ci-dessus montre, en outre, que les acides aminés étudiés ne sont pas attaqués avec une égale facilité par tous les organismes du groupe.

Il semble exister une adaptation assez nette de certaines espèces à certains de ces acides, et l'on peut présumer que cette adaptation est en rapport avec la nature des produits carbonés ternaires qui résultent de la *désamination*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'hérédité de l'immunité acquise.* Note de M. S. **Metalnikov**, présentée par M. Roux.

Quoiqu'il existe un très grand nombre de travaux consacrés à cet intéressant problème, nous ne pouvons pas dire qu'il soit résolu définitivement. Tandis que les uns trouvent que l'immunité acquise est héréditaire et peut être transmise aux descendants (Chauveau, Arloing, Cornevin et Thomas, Tizzoni et Centanni), les autres le contestent et démontrent, par des expériences bien établies, que la transmissibilité des caractères acquis n'est pas possible (Löffler, Ehrlich, Remlinger, Vaillard, Dieudonné, Kreidl et Mand, etc.). Tous ces auteurs adoptent les conclusions d'Ehrlich qui, dans un travail célèbre sur les souris immunisées contre la Ricine, l'Abrine et la Robine, a démontré que cette immunité acquise est transmise seulement par la mère et non par le père. C'est pourquoi il pense que l'idioplasme de la cellule génitale n'est pas capable de transmettre l'immunité acquise. Quant à l'immunité transmise par la mère, il faut la considérer comme une immunité passive, car les anticorps peuvent traverser le placenta et même être absorbés avec le lait.

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 895.

Nous pensons que toutes ces expériences seraient beaucoup plus concluantes si elles étaient faites sur des animaux dont les œufs se développent en dehors de l'organisme maternel, comme chez la majorité des insectes et beaucoup d'invertébrés.

Puisque les insectes s'immunisent facilement contre les différents microbes, nous nous sommes demandé s'il n'était pas possible de transmettre cette immunité acquise aux générations suivantes.

Pour résoudre ces questions nous avons entrepris une série d'expériences sur les chenilles de *Galleria mellonella*. Ces insectes sont particulièrement commodes pour ce genre de recherches, car ils se développent très vite et pendant toute l'année. La vie d'une génération est de 6 à 8 semaines à la température de 30°. Ainsi pendant une année nous avons pu avoir 6 à 8 générations. Nous avons immunisé nos chenilles avec une culture chauffée de vibrion cholérique M. (peu virulente). Nous avons remarqué que les chenilles s'immunisent mieux avec les cultures peu virulentes. Il faut bien déterminer la dose minima mortelle et faire toutes les expériences avec la même race de microbes. Nous avons immunisé chaque génération 2 ou 3 fois, en injectant de très petites doses aux jeunes chenilles.

Les chenilles immunisées sont placées dans des bocaux contenant de la cire à la température de 30°. Après 6 à 8 semaines apparaît une nouvelle génération. Une partie des chenilles est soumise à la vaccination. L'autre est inoculée par des bacilles vivants. Nous faisons ordinairement plusieurs expériences en inoculant 10 à 20 chenilles avec des doses mortelles du vibrion cholérique vivant.

On injecte la même dose aux témoins, chenilles normales.

Après 3 ou 4 jours nous comptons les chenilles vivantes et les chenilles mortes et nous calculons le pourcentage.

Nous donnons ci-dessous les résultats des expériences, faites sur neuf générations successives :

Générations.	Pour 100.
I	0
II	0
III	30
IV	16
V	0
VI	42
VII	45
VIII	72
IX	75

Comme le montre ce tableau, les deux premières générations n'ont pas donné de chenilles immunisées. Mais nous avons continué les expériences.

La troisième génération a donné 30 pour 100.

La quatrième et la cinquième ont donné 16 pour 100 et 0 pour 100.

Cet insuccès s'explique par ce fait que nous avons changé un peu le mode d'immunisation. Nous avons entrepris d'injecter aux chenilles des doses énormes de vaccin, en espérant provoquer une immunité plus forte, mais les chenilles ainsi traitées sont devenues plus sensibles.

La cinquième génération était immunisée comme d'habitude par des doses très petites. C'est pourquoi la génération VI a donné déjà 42 pour 100 de survivants. Dans les générations suivantes nous trouvons déjà une augmentation sensible des survivants.

Nous espérons que, continuant ces expériences, nous pourrons obtenir une race de chenilles complètement immunisées contre le vibrion cholérique M. Ainsi nous pouvons dire que l'immunité acquise est transmissibe aux générations suivantes, mais à la condition que plusieurs générations successives soient immunisées.

Ces résultats expliquent peut-être les controverses sur la question de l'hérédité des caractères acquis. Les expérimentateurs se bornaient à l'étude d'une ou deux générations et ne trouvant pas les caractères acquis dans ces générations, ils niaient l'hérédité de ces caractères.

Cependant nous voyons qu'un nouveau caractère pour être héréditaire doit être élaboré par une série de générations successives. C'est un travail de plusieurs et même peut-être de beaucoup de générations.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 SEPTEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la viscosité du verre.* Note [1] de M. Henry Le Chatelier.

La viscosité est la plus importante des propriétés du verre; elle permet, d'une part, le façonnage des objets par soufflage; elle entraîne, d'autre part, des difficultés sérieuses dans la fabrication. Elle ralentit le dégagement des bulles gazeuses retenues dans la masse en fusion et exige ainsi pour l'affinage une température élevée, voisine de 1400° et longtemps prolongée. Elle entraîne de plus, pendant un refroidissement trop rapide, le développement de tensions internes, dites de trempe, qui donnent au verre une grande fragilité.

On ne possédait cependant jusqu'ici aucune mesure de la viscosité des verres; la difficulté du problème avait sans doute fait reculer les expérimentateurs. Les mesures, pour être intéressantes, doivent être poursuivies dans un intervalle de température considérable, de 500° à 1500°, correspondant à des différences énormes dans la grandeur du phénomène étudié. La variation de viscosité d'un même verre peut atteindre le rapport de 1 à 1 milliard.

MM. E. Washburn et G. Shelton [2] viennent de publier sur ce sujet un Mémoire très complet. Ils ont étudié systématiquement la viscosité de différents verres sodico-calciques dans un intervalle de température s'étendant

---

[1] Séance du 8 septembre 1924.

[2] E. Washburn and G. Shelton, *The viscosities of Soda-Lime Glasses* (*University of Illinois Bulletin*. Paper n° 140 of the Engineering experiment station, 1914).

depuis 800° jusqu'à 1500°. C'est là un document d'une extrême importance; je voudrais le discuter pour en tirer certaines conclusions, qui me semblent nouvelles.

Les auteurs ont étudié 16 verres; ils ont résumé l'ensemble de leurs mesures dans un tableau graphique où les points expérimentaux sont reliés par des courbes d'interpolation. Ils ont de plus réuni dans un tableau numérique les valeurs du coefficient de viscosité relevées de 25° en 25° sur lesdites courbes.

J'ai cherché une formule algébrique pour relier ces résultats et donner ainsi la loi du phénomène. A première vue, les courbes ont des allures assez discordantes, mais, comme le font remarquer les auteurs, certains verres ont cristallisé, se sont dévitrifiés pendant les mesures. Ces masses semi-cristallines ne constituent pas des verres et doivent être laissées de côté. Ils ont signalé, comme s'étant dévitrifiés, les verres 5, 6 et 9. A mon avis, il faut y joindre les verres 10 et 15 également dévitrifiables. Il reste donc seulement à comparer 11 verres.

Les recherches antérieures sur les liquides, poursuivies au voisinage de la température ambiante et dans un faible intervalle de température, avaient conduit à adopter une formule exponentielle simple pour représenter la variation du coefficient de viscosité η en fonction de la température t,

$$\mathrm{Log}\,\eta = -\mathrm{N}.t + \mathrm{Q},$$

d'après laquelle la viscosité croît en progression géométrique quand la température décroît en progression arithmétique. C'est-à-dire que pour un même intervalle de température, le coefficient de viscosité croîtrait toujours dans le même rapport. Cette loi est insuffisante pour représenter les expériences faites sur les verres. Les courbes logarithmiques tracées par les auteurs ne sont pas des droites, comme le voudrait la formule; elles présentent une courbure très accentuée et montrent que pour un même accroissement de température, le rapport des coefficients de viscosité décroît quand la température s'élève.

J'ai pu représenter très exactement les résultats des mesures au moyen d'une exponentielle double, à deux paramètres seulement :

$$\mathrm{Log}\,\mathrm{Log}\,\eta = -\mathrm{M}\,t + \mathrm{P}.$$

Voici la comparaison, pour le verre n° 8, des résultats calculés par cette formule avec les chiffres donnés par les auteurs. La composition de ce verre, qui est sensiblement celle d'un verre à vitre, peut être représentée

par la formule moléculaire

$$2,33 SiO^2 \quad 0,64 NaO \quad 0,36 CaO.$$

La formule employée pour le calcul était la suivante :

$$\text{Log Log}\,\eta = -0,76.10^{-3}t + 1,355.$$

On a fait porter la comparaison sur la température, parce que des deux grandeurs mesurées, c'est celle qui comporte les plus grandes erreurs. On a pris dans les tableaux les valeurs de la viscosité données pour des températures espacées de 100° et on les a introduites dans la formule pour calculer les températures correspondantes :

Observation	1500°	1400°	1300°	1200°	1100°	1000°	900°	800°
Calcul	1520°	1405°	1300°	1200°	1100°	1000°	903°	797°
Différences	−20	−5	0	0	0	0	−3	+3

Les écarts sont bien inférieurs aux erreurs d'expérience, sauf peut-être pour la température de 1500°, mais en réalité les mesures n'ont pas dépassé 1450°; le chiffre de 1500° a été obtenu par extrapolation graphique et est par suite sujet à caution.

Voici maintenant pour le même verre les valeurs absolues du coefficient de viscosité, exprimé en poises, comme l'ont fait les auteurs, et les rapports de ce coefficient pour des températures distantes de 100°.

Température	1500°.	1400°.	1300°.	1200°.	1100°.	1000°.	900°.	800°.
Viscosité	44	91	21.10^1	59.10^1	20.10^2	87.10^2	49.10^3	38.10^4
Rapports	2,09	2,35	2,76	3,39	4,37	5,63	7,77	

Le tableau suivant résume l'ensemble des mesures faites par MM. Washburn et Shelton.

La colonne 1 donne le numéro du verre.

La colonne 2 la composition du verre en formules moléculaires.

La colonne 3 la valeur du paramètre M de la formule.

La colonne 4 le paramètre P de la même formule.

La colonne 5 la température à laquelle le coefficient de viscosité atteint la valeur de 10000 poises.

La colonne 6 la valeur en poises du coefficient de viscosité à la température de 1000°.

La colonne 7 le rapport des coefficients de viscosité aux deux températures de 800° et de 1000° correspondant précisément à la zone de travail du verre. L'inverse de ce rapport peut définir ce que l'on appelle vaguement le palier de fusibilité du verre.

Enfin la colonne 8 donne le rapport de la viscosité aux deux températures de 500° et de 600° correspondant à la zone des températures de recuit. Ce rapport a été calculé par extrapolation au moyen de la formule logarithmique. Nous discuterons plus loin la légitimité de cette extrapolation.

Dans ce tableau, on a séparé les verres dévitrifiés des verres normaux. On a rangé les verres dans l'ordre des quantités décroissantes de silice et, pour des teneurs égales en silice, dans l'ordre des quantités décroissantes de soude.

1.	2.			3.	4.	5.	6.	7.	8.
	Molécules								
N° du verre.	SiO^2.	Na^2O.	CaO.	M.10^3.	P.	Temp. de 10000 P.	Poises à 1000°.	$\frac{800°}{1000°}$	$\frac{500°}{600°}$
1.....	1,03	1,00		1,40	1,61	720°	42	29	170
4.....	1,55	1,00		0,95	1,44	880	1100	54	68
17.....	1,52	0,73	0,27	0,88	1,39	800	1749	13	47
16.....	1,83	0,53	0,47	0,92	1,52	990	9550	112	127
3.....	2,40	1,00		0,73	1,29	960	4620	23	20
7.....	2,23	0,67	0,33	0,80	1,37	970	5630	50	39
8.....	2,33	0,64	0,36	0,76	1,35	1000	8620	50	32
13.....	2,76	0,60	0,40	0,78	1,44	1075	37200	110	66
12.....	2,63	0,53	0,47	0,77	1,40	1035	21000	72	19
14.....	2,64	0,42	0,58	0,60	1,29	1160	79400	36	17
2.....	4,85	1,00		0,74	1,45	1150	153000	117	76
				Verre alumineux.					
12-A...	Verre 12+5 % Al^2O^3			0,80	1,47	1090	50000	120	92
				Verres dévitrifiables.					
9.....	1,22	0,81	0,19	1,10	1,65	950	3520	220	660
6.....	1,50	0,48	0,52	1,18	1,76	980	6310	631	40000
5.....	1,66	0,35	0,65	1,25	1,92	1050	53700	3890	80000
15.....	2,06	0,45	0,55	0,90	1,55	1040	29500	195	570
10.....	2,25	0,31	0,69	0,84	1,51	1084	47800	174	142

Contrairement à ce que l'on pouvait espérer, il ne ressort de ce tableau aucune relation nette entre la composition chimique du verre et l'étendue de son palier de fusibilité. Cependant la viscosité est certainement fonction de la composition chimique et elle doit très vraisemblablement en être une fonction continue. Ce point, d'une importance capitale pour la fabrication industrielle du verre, demanderait de nouvelles recherches.

Il ressort, par contre, de ce tableau une conséquence assez imprévue

relative à la variation de la viscosité au voisinage de 500°. Le rapport donné dans la colonne 8 du tableau ayant été obtenu par une extrapolation de 300° ne peut être considéré comme très exact; il donne du moins l'ordre de grandeur du phénomène. Pour les verres non dévitrifiés ce coefficient dépasse rarement 100 et n'atteint jamais 200. Or des mesures antérieures assez nombreuses, faites pour étudier le recuit du verre, ont montré qu'à ces températures le coefficient de viscosité diminue de moitié pour une élévation de température de 8°, c'est-à-dire pour un intervalle de 100° le rapport des deux coefficients de viscosité est égal à 4000.

Cette discordance semble devoir s'expliquer par un fait récemment découvert et encore peu étudié; les verres, comme le soufre fondu, présenteraient deux états allotropiques α et β, se succédant dans un intervalle de température variable d'un verre à l'autre, mais généralement compris entre 500° et 600°. Les mesures dilatométriques de M. Lafon ont mis ce fait hors de doute. La discordance des résultats relatifs aux variations de viscosité résulteraient de ce que les mesures faites à haute et basse température ne porteraient pas sur la même variété allotropique de verre, la variation du coefficient de viscosité étant beaucoup plus grande pour la variété α stable à basse température.

Contrairement à ce qui se passe pour le soufre, la variété α aurait, au point de transformation, une viscosité plus forte que la variété β stable à chaud. Au moment de la transformation en température montante, le verre ne s'épaissit donc pas comme le fait le soufre; il doit au contraire prendre une fluidité plus grande. Cela explique la brusquerie avec laquelle le verre s'affaisse, pendant les mesures de dilatation, dès que la transformation commence, ce qui empêche de suivre celle-ci jusqu'à sa réalisation complète.

Il serait très intéressant de faire des mesures de viscosité couvrant tout l'intervalle de température dans lequel cette transformation s'accomplit. On ne peut employer les méthodes de mesure convenant pour les corps solides (torsion ou flexion), ni pour les corps liquides (écoulement ou déplacement d'un corps mobile). Sans doute pourrait-on aborder ce problème en se servant d'un procédé de mesure basé sur l'écoulement du verre sous pression, à travers l'orifice d'une filière, comme on le fait pour le façonnage des pâtes argileuses ou le filage des métaux.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la désagrégation de la calotte polaire australe de Mars.* Note [1] de M. **W. Abbott.** (Extrait.)

En mai, la calotte polaire s'étendait sur 60° aréographiques environ. Le 28 juin, j'y ai constaté la présence d'une apparence sombre ressemblant à une fissure; le 2 juillet, cette fissure était très nettement visible. Le 24, elle présentait l'apparence d'une tache vague et faible située près du terminateur et sur le 168° de longitude. Le 14 août, on a vu un immense promontoire dans les neiges polaires, situé sur le 35° de longitude sur Argyre II. Grossissements : 172 et 200.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'interprétation des phénomènes de gaîne dans les relais à arc.* Note [2] de MM. **L. Dunoyer** et **P. Toulon.**

Nous avons indiqué précédemment [3] les propriétés et les applications de nos relais à arc, dans lesquels une gaîne portée à un potentiel convenable entoure extérieurement la colonne positive d'un arc au mercure alimenté par une source alternative entre une anode et une cathode entretenue. Pour expliquer l'action de la gaîne, il est bon de considérer d'abord de quelle manière elle se comporte en courant continu.

Les effets sont alors très différents. Supposons qu'on porte la gaîne à un potentiel (constant) négatif, et même fortement négatif (— 400 volts par exemple) relativement à la cathode, puis qu'on réunisse l'anode et la cathode respectivement aux pôles positif et négatif d'une distribution continue. Au lieu d'empêcher l'arc de s'allumer, comme avec le montage analogue en courant alternatif, on ne peut que retarder son allumage ; le retard varie suivant la température du tube et la densité de la vapeur, le potentiel de la gaîne, etc. ; dans les conditions les plus fréquemment réalisées, il

---

(1) Séance du 8 septembre 1924.

(2) Séance du 1er septembre 1924.

(3) L. Dunoyer et P. Toulon, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 148 et 386.

atteint facilement plusieurs secondes; mais l'allumage finit toujours par se produire, si la vapeur émise par l'arc d'entretien n'est pas entièrement condensée avant d'atteindre l'anode. *L'effet négatif ne se traduit donc ici que par un retard plus ou moins long à l'allumage.*

Quant à *l'effet positif* (allumage de l'arc lorsque la gaîne est positive par rapport à la cathode), *il se produit ou ne se produit pas suivant l'ordre dans lequel on fait les connexions de l'anode et de la gaîne au pôle positif de la tension d'alimentation.* Supposons que la gaîne soit reliée d'abord à l'anode, puis l'ensemble des deux au positif de la distribution; l'arc s'allume aussitôt. Supposons au contraire que la gaîne soit reliée d'abord au positif, puis qu'on connecte ensuite l'anode; l'arc ne s'allume pas immédiatement.

Ces phénomènes singuliers s'expliquent facilement par la présence, dans la vapeur qu'émet l'arc d'entretien, d'un nombre extrêmement grand d'ions positifs, ayant les dimensions des atomes de mercure et d'électrons qui diffusent beaucoup plus vite (600 fois environ suivant le rapport des racines carrées des masses).

Quand la gaîne est négative par rapport à la cathode, la paroi au contact de laquelle elle se trouve se recouvre intérieurement d'ions positifs. Une fois formée, cette couche non seulement neutralise l'action répulsive de la gaîne sur les électrons présents dans la vapeur, mais tend à les raréfier dans le voisinage de l'anode. Quand on relie celle-ci au pôle positif de la source, rien n'empêche pourtant ces électrons d'atteindre l'anode; mais la couche positive annule presque le champ entre l'anode et la gaîne, de sorte que l'ionisation par chocs ne fait croître que très lentement le nombre des ions; le courant s'établit donc avec un retard d'autant plus grand que la densité de la vapeur en atomes et en électrons, au voisinage de l'anode, est plus faible.

Supposons au contraire qu'on relie la gaîne au positif de la source, l'anode étant d'abord isolée. La paroi se recouvre d'une couche d'électrons, qui continue à subsister quand on relie également l'anode au positif. Cette couche interdit l'approche de l'anode aux électrons émis par la tache cathodique; l'arc ne s'allume donc pas.

Enfin supposons que la gaîne et l'anode forment un système unique isolé. L'anode, plongée dans la vapeur, reçoit un nombre d'électrons supérieur à celui des ions positifs qu'elle capte, jusqu'à ce qu'elle prenne un faible potentiel négatif commun à la gaîne; sur la paroi interne de celle-ci il ne se forme donc pas de couche négative, et si l'on relie l'ensemble gaîne-anode au positif de la source, rien ne s'oppose au passage immédiat du courant,

la gaîne ne faisant au contraire qu'augmenter le champ au-dessus de la cathode.

Il est facile maintenant d'expliquer les phénomènes en courant alternatif. Supposons que la tension gaîne-cathode soit en phase avec la tension d'alimentation. Pendant l'alternance où l'anode est négative ainsi que la gaîne, l'arc ne peut s'allumer, des charges positives seules peuvent venir sur la paroi, en petit nombre d'ailleurs si la fréquence est un peu élevée, à cause de leur mobilité relativement faible. Au moment où commence l'alternance pendant laquelle l'anode est positive, rien n'empêche les électrons présents dans la vapeur d'atteindre l'anode et l'arc s'allume.

Supposons au contraire que la tension gaîne-cathode soit en opposition de phase avec la tension d'alimentation. Pendant l'alternance où l'anode est négative et par conséquent l'arc éteint, la gaîne est positive et la paroi interne se couvre rapidement de charges négatives. Pendant l'alternance suivante, les ions positifs présents dans la vapeur tendent à venir neutraliser ces charges, mais cette recombinaison demande un certain temps, et si la fréquence n'est pas trop basse, l'effet de répulsion de la gaîne et des charges négatives fixées par elle sur les électrons qui viennent de la tache cathodique dure plus longtemps que l'alternance. L'arc ne peut donc pas s'allumer.

L'influence d'un retard de phase de la tension gaîne-cathode sur la tension d'alimention s'explique de même. Représentons-nous la sinusoïde de la tension d'alimentation en même temps que la sinusoïde, décalée vers la droite de moins d'une demi-période, de la tension gaîne-cathode, et suivons la variation des deux tensions à partir du commencement d'une alternance positive pour la tension d'alimentation. L'arc s'allumera quand la tension d'alimentation sera supérieure à la chute de tension dans l'arc et quand, en même temps, la tension gaîne-cathode sera supérieure à la tension critique d'allumage. Il s'allumera donc, non pas au commencement de l'alternance, mais en cours d'alternance et il restera allumé jusqu'à ce que la tension d'alimentation redevienne égale, en décroissant, à la chute de tension dans l'arc. Le point d'allumage sera d'autant plus rapproché du point d'extinction que le décalage vers la droite de la sinusoïde gaîne-cathode sera plus grand. Le courant moyen diminuera donc à mesure que le retard de phase augmentera; il sera nul un peu avant l'opposition. Pour qu'il n'atteignît zéro qu'à l'opposition, il faudrait que la chute de tension dans l'arc fût nulle elle-même.

Au contraire, si la tension gaîne-cathode a une avance comprise entre o

et π sur la tension d'alimentation, la première aura toujours dépassé la tension critique au moment où la seconde atteindra, en croissant, une valeur égale à la chute de tension dans l'arc. L'arc s'allumera au voisinage du début de l'alternance quelle que soit l'avance de phase et durera jusqu'à la fin de l'alternance. Le courant moyen sera donc constamment égal à sa valeur maxima quelle que soit l'avance de phase (comprise entre o et π).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure de l'échauffement des collecteurs de génératrices électriques.* Note [1] de MM. **H. Robert, P. Vernotte** et **A. Jeufroy**, présentée par M. G. Ferrié.

Les conventions commerciales remplacent souvent, en matière d'essais de machines, les mesures effectives de grandeurs physiques bien définies, par des procédures expérimentales conventionnelles considérées, à raison ou à tort, comme de réalisation plus facile.

Appliquées dans des circonstances peu différentes de celles où elles ont été étudiées, elles donnent des indications pratiques faciles à interpréter utilement, au moins pour les initiés. Mais, lorsque les circonstances se modifient notablement, elles peuvent conduire, par ces interprétations coutumières, à des erreurs très importantes. C'est un défaut grave qui s'ajoute alors à l'inconvénient permanent de substituer des procédures empiriques à des notions physiques nettes. Il est d'ailleurs intéressant de constater, par une expérimentation effective, que, bien souvent, il y a une grosse part d'illusion dans la simplification à laquelle elles prétendent par rapport aux mesures correctes.

On en trouve un exemple dans l'évaluation de l'échauffement des collecteurs de génératrices électriques. Le procédé conventionnel courant substitue, à la mesure de la température réelle de la surface du collecteur, la lecture d'un thermomètre à mercure appliqué contre elle aussitôt après l'arrêt et lu au moment où il passe par son indication maximum, ou plus exactement — pour mettre plus d'automatisme dans le contrôle des conventions commerciales — au bout d'un délai de cinq minutes (lequel a été reconnu correspondre pratiquement au passage par le maximum).

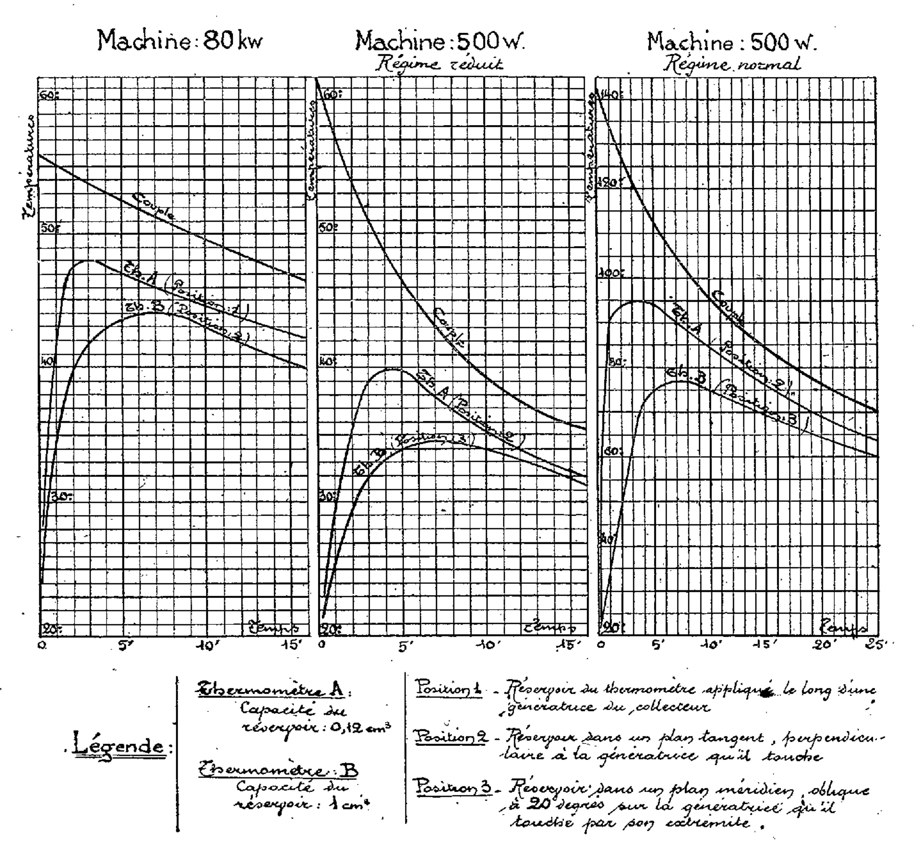
Lorsqu'on passe des génératrices industrielles courantes à des génératrices de petite puissance et de masse très réduite (comme on en utilise à bord des avions), on peut craindre que le résultat de telles mesures ne fournisse plus l'approximation pratique qu'on en attend. La diminution des dimensions

---

(1) Séance du 8 septembre 1924.

géométriques réduisant dans une proportion considérable le rapport du volume (capacité calorifique) à la surface, rend beaucoup plus rapide le refroidissement, donc beaucoup plus accentuée la baisse de température du collecteur pendant les cinq minutes d'attente pour l'obtention d'un régime pseudo-permanent. De plus, l'augmentation des dimensions relatives du réservoir par rapport au collecteur augmente l'écart entre la température de celui-ci et celle qu'indique simultanément le thermomètre traversé par le flux de chaleur émis par lui. Il y a lieu de noter enfin que l'application correcte du thermomètre sur le collecteur de très petites machines est souvent fort difficile.

La mesure de la température réelle de la surface du collecteur peut être faite très facilement, sans erreur pratiquement appréciable et sans inertie sensible, avec un



couple thermo-électrique en fils très fins (capacité et conductibilité calorifiques négligeables). Cette mesure est plus facile que beaucoup de celles qu'on effectue couramment dans les ateliers de construction électrique. Elle dispense d'ailleurs des

recouvrements thermiquement isolants qu'exige la mesure au thermomètre, et dont l'irrégularité ajoute encore une cause d'erreurs importantes.

Il a paru intéressant de procéder à des essais comparatifs. Les courbes ci-contre, relevées à titre d'exemples dans l'ensemble des résultats, représentent les températures réelles du collecteur mesurées au groupe thermoélectrique, et les indications lues au thermomètre à mercure, pendant les quinze premières minutes après l'arrêt, d'une part sur une commutatrice industrielle de 80 kilowatts, d'autre part sur une petite génératrice de 500 watts. La température ambiante était de 20°. On a opéré avec un thermomètre de 1^{cm^3} (prescriptions réglementaires courantes) et avec un thermomètre de volume neuf fois plus petit. Les divergences sont souvent notables. De plus, avec les très petites génératrices des formes ramassées, il est en général — et il était dans le cas concret — impossible de réaliser l'application optimum du réservoir tout le long d'une génératrice : La réalisation géométrique plus ou moins parfaite du contact introduit encore une cause de variations dans les résultats observés. Les courbes extrêmes portées sur les graphiques donnent une idée de l'étendue du champ d'incertitude.

Ces graphiques montrent qu'on ne peut étendre sans précautions aux très petites machines les conclusions pratiques habituellement admises pour les machines industrielles.

Même pour ces dernières, si la procédure classique permet de définir, pour l'indication maximum t du thermomètre, une limite au-dessous de laquelle on peut tenir pour pratiquement certain que la température réelle maximum T n'a pas atteint des valeurs prohibées, l'estimation des tolérances au-dessus de cette limite peut conduire à des erreurs graves : La vitesse de refroidissement croissant très rapidement avec la température, le rapport $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ augmente très vite, et les extrapolations approximatives auxquelles on se laisse si facilement entraîner dans les essais industriels deviennent tout à fait trompeuses : Des variations importantes de T arrivent à se manifester à peine sur la lecture t.

La mesure des températures réelles au couple est si facile qu'il y aurait vraisemblablement tout avantage à baser sur elle les conditions relatives à toutes les machines. Elle peut même être effectuée, sans erreur notable, sur le collecteur de la machine en fonctionnement.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'origine du spectre de bandes du mercure. Une nouvelle bande du mercure.* Note ([1]) de M. E. **Hultén**, transmise par M. A. Cotton.

1° Le zinc, le cadmium ou la vapeur de mercure, en passant sous distillation par le capillaire d'un tube de Geissler, émettent des spectres de bandes dont l'intensité est très faible. A mesure que la capacité du circuit de décharge est augmentée, ces spectres de bandes disparaissent successivement, tandis que l'intensité des spectres de raies s'accroît. La structure presque congruente des bandes de ces trois éléments nous permet de supposer que ces bandes sont dues à des dipôles au centre desquels l'atome de zinc, de cadmium ou de mercure est combiné avec quelque élément plus léger, par exemple un atome d'hydrogène ou d'azote ([2]).

Afin de résoudre, si possible, cette alternative, et en vue aussi de compléter les recherches sur le spectre de bandes du mercure, je viens d'en reprendre l'étude. Au cours de mes recherches j'ai constaté que les bandes apparaissent avec plus d'intensité si l'on fait passer, à basse pression (1^{mm}), un courant d'hydrogène à travers le tube de décharge, tandis que, dans les mêmes conditions, un courant d'air semble produire l'effet opposé. Si l'on ne fait traverser le tube par aucun courant de gaz, les bandes disparaissent à mesure que l'intensité du courant électrique du tube augmente, ce qui indique que l'humidité enfermée dans le tube se dégage et s'évapore. Bien que ne constituant pas des preuves décisives, ces faits parlent cependant en faveur de l'hypothèse qui voit l'origine des bandes dans quelque combinaison du métal en question avec de l'hydrogène ([3]).

2° Nous connaissons à l'heure actuelle très exactement la structure des trois bandes de mercure $\lambda\lambda$ 4219, 4017, 3728. D'après les relations qui existent entre elles, nous pouvons indiquer brièvement la manière dont se fait leur émission par le schéma suivant ([4]) :

$$(1)\qquad \begin{cases} \nu_{4219} = F(n_0 m) - f(n_1 m'), \\ \nu_{4017} = F(n_0 m) - f(n_0 m'), \\ \nu_{3728} = F(n_1 m) - f(n_0 m'), \end{cases}$$

([1]) Séance du 8 septembre 1924.
([2]) *Zeitschr. f. Phys.*, t. **11**, 1922, p. 284.
([3]) Kratzer, *Ann. d. Physik*, t. **71**, 1923, p. 72.
([4]) *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 524.

où n_s indique le nombre (s) des quanta de vibration et m la rotation totale de la molécule. Il ressort de ce schéma que les bandes 4219 et 4017 ont le même état initial, tandis que les bandes 4017 et 3728 ont le même état final. Maintenant, le schéma permet une quatrième combinaison :

$$\nu_x = F(n_1 m) - f(n_1 m'), \tag{2}$$

correspondant à une bande qui doit se trouver à proximité de $\lambda = 3900$.

Si l'on étudie les matériaux d'observation fournis par Liese [1] dans cette partie du spectre du mercure, on constate qu'il y a entre les raies intenses appartenant à la bande 4017 une quantité de raies faibles qui n'ont pas encore été rangées dans une bande. Ces raies satisfont parfaitement à la relation (2) et elles rendent quatre des six séries P_1, P_2, Q_1, Q_2, R_1, R_2 constitutives de chaque bande.

TABLEAU.

Nombre d'ondes des raies de la bande 3900.

Numéro d'ordre.	P_1. calc.	P_1. obs.	Q_1. calc.	Q_1. obs.	Q_2. calc.	Q_2. obs.	R_2. calc.	R_2. obs.
2...							25709,3	25709,4
3...					25696,9	25697,0	31,4	32,7 f.
4...	25634,2	25634,4	25668,6	25668,7	712,2	713,2 f.	56,1	56,5
5...	31,5	31,4	75,6	75,5	30,2	30,2	83,7	84,0
6...	31,6	31,4	85,3	85,3	50,5	50,9 f.	814,6	814,6
7...	34,0	34,4	98,0	98,2	74,1	74,1	47,7	47,9
8...	40,1	40,1	714,0	13,2 f.	800,3	99,7 f.	83,8	»
9...	49,1	»	32,4	32,7 f.	29,2	829,9	922,7	923,1 f.
10...	60,7	60,7	53,8	54,2	61,5	61,5	64,3	64,5
11...	75,4	75,5	78,2	79,8 f.	96,1	96,3	26009,2	26008,4
12...	93,7	93,8	806,7	806,9	933,9	934,2	56,6	57,1
13...	715,1	715,1	37,8	38,0	74,9	75,0	108,2	107,8
14...	39,6	»	72,2	»	26019,0	»	62,0	61,9

Dans le Tableau ces lignes sont calculées d'après la relation

$$\nu_x = \nu_{3728} + \nu_{4219} - \nu_{4017} \tag{3}$$

qui est identique à (2). Les écarts, dans le Tableau, entre les valeurs observées et les valeurs calculées ne dépassent pas ceux auxquels on doit s'attendre en tenant compte des erreurs possibles sur les données utilisées dans la relation (3). Dans les cas seulement où la ligne cal-

[1] *Zeitschr. f. wiss. Phot.*, t. 11, 1912, p. 343.

culée vient à tomber à proximité de raies très intenses (marquées f. au Tableau), les écarts sont importants. Chose curieuse, les séries P_2 et R_1 font complètement défaut ou bien elles se présentent considérablement plus faibles que les autres, ce qu'on ne retrouve point dans les autres bandes du mercure.

On se convaincra mieux encore de la réalité de la bande en question en faisant une figure où toutes les raies mesurées par Liese sont marquées dans l'échelle des fréquences (nombre d'ondes rapporté au vide) et où l'on indique en dessous, sur des raies séparées, la position des raies des séries P_1, P_2, Q_1, Q_2, R_1, R_2 et celle des raies appartenant à la bande intense 4017.

Les recherches sont continuées par l'étude de la structure des bandes du mercure correspondant aux quanta de vibration du terme $f(n_1 m)$ plus grands et par l'étude des bandes du zinc, à laquelle la possibilité de constater un effet d'isotope donne un intérêt spécial.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité des sels solides aux températures élevées.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. Jean Perrin.

La résistance opposée au courant par un sel pulvérulent ou en lame, mesurée entre électrodes identiques, varie avec la température suivant une loi assez compliquée. J'ai déjà indiqué ([1]) les circonstances de cette variation au voisinage de la température ordinaire; l'effet produit, essentiellement instable, consiste en un brusque accroissement de la conductance sous l'action de l'échauffement, avec passage par un maximum suivi d'une diminution de plus en plus rapide qui amène le courant à une valeur très inférieure à sa valeur de début. La sensibilité à la variation thermique s'atténue rapidement au cours d'échauffements successifs jusqu'à pratiquement s'annuler, mais elle réapparaît après quelques heures de repos à la température et dans l'atmosphère ambiantes.

Ces faits, joints au rôle que joue l'état hygrométrique dans le phénomène, m'ont conduit à supposer ([2]) qu'au moins en grande partie, le passage de l'électricité se fait dans ce cas par la surface, à la faveur d'une gaine d'humidité retenue par adsorption. J'ai pu récemment ([3]) fournir la preuve

([1]) *Journ. de Phys. et Rad.*, 6e série, t. 3, n° 3, 1922, p. 87-100.

([2]) *Journ. de Phys. et Rad.*, 6e série, t. 5, n° 3, 1924, p. 84-92.

([3]) *Ann. de l'Univ. de Grenoble*, t. 1, n° 2, 1924, p. 133-136.

directe de cette conductibilité superficielle, au voisinage de la température ordinaire, en constituant l'une des électrodes d'un disque central et d'un anneau de garde maintenus au même potentiel et constatant que, dans ces conditions, le courant entre le disque et l'autre électrode est considérablement réduit et, dans beaucoup de cas, pratiquement annulé.

On obtient des effets distincts des précédents lorsqu'au lieu de limiter l'action thermique à quelques degrés, on l'étend à plusieurs centaines de degrés. Je citerai, à titre d'exemple, les résultats qu'on observe avec NaCl. Quand on part d'un échantillon maintenu quelque temps à la température ambiante et qu'on échauffe progressivement ([1]), la conductance, après une montée brusque, tombe à une valeur très faible qu'elle conserve jusqu'au voisinage de 150°. Elle remonte alors rapidement suivant une loi exponentielle ([2]), et cela jusqu'aux limites de l'échauffement (420° environ) :

Températures	22,6	28,6	56,5	148,6	205,5	311	415,7
Conductances	1	54	$<0,1$	1,5	8,5	562	7900

Dans un second échauffement succédant immédiatement au premier, la phase de début est quasi supprimée, tandis que la seconde se maintient à très peu près intégralement :

Températures..............	23,7	28,9	54,2	148,6	416
Conductances.................	1	1,1	$>0,1$	1	7960

Le nouvel effet est donc beaucoup plus stable que le premier. Il s'en distingue encore aux caractères suivants :

Si l'on forme l'une des électrodes d'un disque et d'un anneau de garde maintenus au même potentiel, les courants qui passent, à température élevée, entre la seconde électrode et le disque d'une part, l'anneau de garde d'autre part, sont très approximativement dans le rapport des surfaces du disque et de l'anneau ([3]), d'où l'on conclut que le passage d'électricité se fait dans ce cas à travers toute l'étendue de la section et non pas seulement

---

([1]) L'échantillon est disposé à l'intérieur d'un tube de silice qu'entoure une résistance chauffante. La température est donnée par un couple thermo-électrique préalablement gradué.

([2]) On observe en réalité deux lois exponentielles distinctes dont la première s'étend entre 150° et 310° environ et dont la seconde régit les variations au delà de 310°.

([3]) La mesure porte sur un cylindre de sel gemme. Elle n'aurait aucune signification avec un sel pulvérulent pour lequel la proportionnalité énoncée subsiste évidemment à toute température.

par la surface :

Température : 361°	Rapport des courants................	$\frac{298}{87} = 3,42$
	Rapport des surfaces................	$\frac{54}{16} = 3,38$

D'autre part, alors qu'aux basses températures le courant varie avec la force électromotrice appliquée suivant la loi de Langmuir, c'est-à-dire proportionnellement à la puissance $\frac{3}{2}$ de cette force électromotrice, du moins tant que celle-ci n'est pas trop grande, aux températures élevées le courant obéit à la loi d'Ohm :

Température de 23°.			Température de 240°.		
V (volts).	i (unités arbitraires).	$\frac{i}{V^{\frac{3}{2}}}$.	V.	i.	$\frac{i}{V}$.
33........	33	0,174	33.........	22	0,67
60..........	82	0,176	60.........	41	0,68
89,2........	133	0,177	89,2.......	60,5	0,68
124..........	194	0,177	124........	82,3	0,66
204..........	343	0,121			
284..........	570	0,098	284........	189	0,67

K^2SO^4, KCl donnent des phénomènes absolument analogues. Avec $BaCl^2$ les effets produits sont un peu plus compliqués, du moins quand on opère sur un échantillon neuf ou en repos depuis longtemps. Il y a alors passage du courant par deux maxima et deux minima successifs, le second maximum qui se produit au voisinage de 110° étant particulièrement élevé.

Tempér....	20,9	28,4	56,5	68,2	91,7	107,9	113,6	181,4	319,7	456,1
Conduct...	1	1,4	0,2	87	1830	71000	25300	26	400	3900

Dans un second chauffage succédant immédiatement au premier, les deux maxima sont à peine marqués et le courant reste sensiblement stationnaire jusqu'à 180°, après quoi il augmente suivant la même loi que précédemment.

Températures...........	22,1	109,1	183	456,4
Conductances...........	1	15	3,5	37000

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des granites de Guérat, près Bagnoles-de-l'Orne. Recherche de l'émilium.* Note de M. **P. Loisel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. L'étude des gaz dissous dans l'eau d'un certain nombre de sources de la région de Bagnoles-de-l'Orne m'a conduit à envisager, à côté de l'émanation du radium, l'existence d'une nouvelle émanation inconnue, de période 22^{min}, provenant elle-même d'un corps radioactif entraîné comme les autres corps générateurs d'émanations, radium, thorium X, actinium X par le sulfate de baryum et dont l'activité décroît de moitié en six jours. Cette période correspond à celle trouvée par Batelli, Occhianelli et Chella lors de leurs recherches sur l'eau de San Giulano. J'en ai déduit l'existence probable d'une nouvelle lignée radioactive pour laquelle j'ai proposé le nom d'émilium (¹).

Les périodes relativement courtes de l'émanation et du corps qui lui donne naissance impliquent nécessairement l'existence dans les roches, d'où les eaux tirent leur minéralisation, d'éléments à vie longue dont ces substances dérivent. Aussi ai-je entrepris l'étude radioactive des granites de la carrière de Guérat au centre de laquelle coule une source tenant en dissolution la nouvelle émanation. A l'exposé des premiers résultats est consacrée la présente Note.

2. Les granites ont été traités suivant la méthode maintenant classique imaginée par Strutt et Joly lors de leurs dosages du radium dans les roches. 500^g de granite finement pulvérisé ont été attaqués par un mélange de carbonates de soude et de potasse en fusion; la masse refroidie, lavée à l'eau chaude pour enlever l'excès de carbonates ainsi que la plus grande partie des silicates, puis reprise par l'acide chlorhydrique à chaud. Au cours de cette dernière opération, se produit une gélification de la masse. On insolubilise la silice restante par dessiccation et on reprend par l'eau chlorhydrique. On obtient alors d'un côté la silice et, de l'autre, en solution, tous les métaux contenus dans le granite. Cette solution, fortement colorée en rouge, concentrée et ramenée à un volume de 500^{cm^3}, est enfermée dans un ballon.

3. Les granites, ainsi que toutes les roches communes, contiennent du radium et du thorium. Par conséquent, dans notre solution, du radon va

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1098.

s'accumuler. En extrayant de cette solution, au bout d'un temps convenable, les gaz formés et en les étudiant à l'électroscope, nous obtiendrons, si seul le radium est en cause, la courbe caractéristique du radon, croissant régulièrement pendant les trois premières heures; si les corps radioactifs, parents de notre nouvelle émanation, se rencontrent, à côté du radium, dans la solution, la courbe expérimentale présentera le minimum et le maximum que nous avons observés avec les gaz des sources avant de se confondre avec celle du radon; rappelons enfin que le thoron, qui ne peut être décelé que par une méthode d'entraînement, n'intervient pas au cours de l'expérience.

L'expérience m'a montré que les gaz extraits de la solution chlorhydrique *présentaient toujours une activité évoluant suivant le deuxième mode*. Des essais successifs, effectués sur ces gaz pendant 6 mois, de décembre 1921 à fin mai 1922, après des temps d'accumulation variables de 2 à 65 jours, ont constamment fourni une courbe présentant un minimum au bout de 15 minutes, un maximum au bout de 28 minutes et se confondant ensuite avec la courbe caractéristique du radon, l'époque du maximum présentant, au cours de ces cinq essais, une remarquable fixité, ainsi que le veut la théorie. Bien entendu, toutes précautions expérimentales ont été prises pour éliminer poussières, gouttelettes et gros ions.

De ces essais purement qualitatifs, aucun chiffre permettant un dosage ne peut être tiré. Indiquons seulement que l'ordre de grandeur des courants mesurés était de 4×10^{-13} amp., correspondant, pour le condensateur utilisé, à une quantité de radon en équilibre avec 3×10^{-10} gr. de Ra, et que l'intensité du courant maximum dû à la nouvelle émanation, intensité que l'on calcule en retranchant de la valeur observée l'intensité du courant due au radon déterminée par extrapolation, a été au début quatre fois plus faible, 9×10^{-14} amp., puis, après une baisse passagère, s'est accrue avec le temps d'une façon régulière comme si le corps générateur d'émanation s'accumulait dans la solution.

Ces expériences tendent donc à démontrer l'existence dans les granites de la région de Bagnoles, de substances à vie longue d'où dérive l'émanation rencontrée. La faible quantité de roche étudiée ne permet pas leur isolement. Des travaux, actuellement en cours, portant sur une grande quantité de matière, permettront bientôt des conclusions définitives.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les éthers alcoylidènedibenzoylpyruviques.* Note (¹) de MM. **H. Gault** et **A. Funke**, transmise par M. A. Haller.

Nous exposons dans cette Note les résultats que nous avons obtenus en condensant les aldéhydes acycliques avec l'éther benzoylpyruvique par la méthode de Knœvenagel.

I. Aldéhyde formique. — Deux molécules d'éther benzoylpyruvique, en solution alcoolique ou à l'état fondu, se condensent avec une molécule d'aldéhyde formique (formol) en présence de diéthylamine en donnant dans les deux cas naissance, avec un rendement presque quantitatif, à l'éther méthylènedibenzoylpyruvique :

$$\begin{array}{l} C^6H^5-CO-CH-CO-COOC^2H^5 \\ \quad\quad\quad CH^2\langle \\ C^6H^5-CO-CH-CO-COOC^2H^5 \end{array}$$

L'analyse élémentaire montre que ce n'est pas en réalité l'éther anhydre qui se forme, mais bien un monohydrate, dont la solution alcoolique est *faiblement* colorée en rouge par le perchlorure de fer.

Si l'on cherche à préparer l'éther anhydre en chauffant l'hydrate à l'étuve à 110°, on peut suivre quantitativement le départ d'eau ; mais il ne nous a pas été possible jusqu'à présent d'isoler un composé bien défini, l'élimination totale de la molécule d'eau étant toujours accompagnée d'une décomposition de l'hydrate avec mise en liberté de CO et CO^2.

La solution alcoolique du produit vitreux que l'on obtient au cours de la déshydratation donne une coloration rouge *intense* avec le perchlorure de fer : on est donc conduit à admettre que l'hydrate répond à la formule suivante (²) :

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad OH \\ C^6H^5-CO-CH-C-COOC^2H^5 \\ \quad\quad\quad CH^2\langle \quad\quad \rangle O \\ C^6H^5-CO-CH-C-COOC^2H^4 \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad OH \end{array}$$

(¹) Séance du 25 août 1924.

(²) Comparer E.-E. Blaise et H. Gault, *Bull. Soc. chim.*, t. 35, 1906, p. 1261.

Propriétés physiques. — L'hydrate de l'éther méthylènedibenzoylpyruvique cristallise sous forme de petites aiguilles incolores, dont le point de fusion est de 95°; il est soluble dans la plupart des dissolvants organiques ordinaires, sauf l'éther de pétrole.

Propriétés chimiques : 1° *Dérivés cétoniques.* — Jusqu'à présent, nous n'avons pu isoler qu'un seul dérivé à l'état pur, la *diphénylhydrazone* (F. 100°).

2° *Hydrolyse.* — Sous l'influence des acides minéraux étendus à l'ébullition l'éther méthylènedibenzoylpyruvique subit une hydrolyse totale en se dédoublant en diphénylpentanedione et acide oxalique

$$\begin{array}{l}
\qquad\qquad\qquad\quad \mathrm{H} \quad \mathrm{OH} \\
\mathrm{C^6H^5-CO-CH-CO-COOC^2H^5} \\
\qquad\qquad\qquad\quad | \\
\qquad\qquad\qquad \mathrm{CH^2} \\
\qquad\qquad\qquad\quad | \\
\mathrm{C^6H^5-CO-CH-CO-COOC^2H^5} \\
\qquad\qquad\qquad\quad \mathrm{H} \quad \mathrm{OH}
\end{array}$$

Ce dédoublement fixe la constitution de l'éther méthylènedibenzoylpyruvique.

Nous n'avons pu jusqu'à présent isoler l'acide correspondant à cet éther, les agents de saponification acides ou alcalins donnant lieu, le plus souvent, au dédoublement précédent.

Cependant, l'acide sulfurique concentré réagit à froid d'une toute autre manière; il détermine, avant la saponification même, une déshydratation intramoléculaire.

En laissant en contact, pendant 24 heures, l'éther méthylènedibenzoylpyruvique avec l'acide sulfurique concentré, on parvient à isoler deux composés différents dont l'un est un éther-sel, l'autre est un acide que l'on peut séparer facilement par traitement aux bicarbonates alcalins.

L'analyse élémentaire montre que ces deux composés diffèrent respectivement de l'éther et de l'acide méthylènedibenzoylpyruvique par *deux* molécules d'eau en moins. Il est vraisemblable que l'élimination se fait entre les formes énoliques des fonctions cétoniques d'une part et les noyaux aromatiques, d'autre part, avec la formation d'un dérivé diindanique.

Le mécanisme de la réaction peut être représenté de la façon sui-

vante :

```
  C ——— CO                    CO ——— C
        |                     |
  CH    C ——— CH² ——— C       HC
  HO - - C//                  \\C - - OH
        |                     |
     COOC²H⁵               C²H⁵OCO

     C — CO         CO — C
          |          |
→    C    C — CH² C      C
       \\//          \\//
         C             C
         |             |
        COOH          COOH
```

L'éther méthylène-bisindonecarbonique peut être lui-même facilement saponifié par les alcalis avec formation de l'acide correspondant.

Nous poursuivons l'étude de ces composés indoniques.

II. Acétaldéhyde et œnanthol. — L'acétaldéhyde et l'œnanthol se condensent, dans des conditions identiques aux précédentes, avec l'éther benzoylpyruvique. On obtient respectivement les éthers éthylidène- et œnanthylidène-dibenzoylpyruviques dont nous nous réservons l'étude.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la composition des sols forestiers.* Note de MM. **A. Němec** et **K. Kvapil**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

L'influence de la vie grégaire des arbres, au cours de longues années, entraîne des modifications d'ordre chimique et biologique dans la constitution des sols forestiers. On s'en rend compte par l'étude des différentes couches de ces sols, si différents dans leur nature et leurs propriétés de la terre arable. C'est en particulier la question de l'acidification de la terre brune des forêts sous l'action de divers peuplements, qui mérite des recherches détaillées ([1]).

Les sols affectés par les peuplements indiqués plus loin proviennent de la même région des forêts du Saint-Markyta, près de Jindřichův-Hradec, en Tchécoslovaquie, située sur terrain primitif.

I. Peuplement serré d'épicéa, âgé de 70 ans, avec couverture morte sans végétation.

([1]) A. Němec et K. Kvapil, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 260.

Couches.	Profondeur.	Acidité P_H.	Matières organiques pour 100.	Azote pour 100.
Humus	de 0 à 4^{cm}	4,5	39,71	0,909
Terre végétale	de 4 à 5	5,0	4,43	0,161
Terre minérale	de 5 à 10	5,8	2,02	0,101
Terre minérale	de 10 à 25	5,9	1,23	0,078
Terre minérale	de 25 à 40	6,0	1,88	0,089

Toutes les couches étudiées ont été trouvées acides, même la plus profonde, déjà en dehors de la portée des racines d'épicéa.

II. Peuplement serré de chênes pédonculés, situé à quelques mètres du précédent, sans végétation, âgé de 40 ans, avec une pleine volée du hêtre.

Couches.	Profondeur.	Acidité P_H.	Matières organiques pour 100.	Azote pour 100.
Humus	de 0 à 4^{cm}	6,2	16,92	0,658
Terre végétale	de 4 à 6	6,45	3,92	0,167
Terre minérale	de 6 à 10	6,60	1,27	0,102
»	de 10 à 15	6,80	1,14	0,078
»	de 15 à 40	6,95	0,32	0,052
»	de 40 à 50	6,70	0,44	0,044
»	de 50 à 60	6,35	0,31	0,050

L'acidité de l'humus du chêne pédonculé est beaucoup moins élevée que celle de l'humus d'épicéa; variations de l'acidité bien moindres d'une couche à l'autre; réaction presque neutre dans la cinquième couche à partir du haut; l'acidité remonte au-dessous, dans les couches situées sur la roche originelle.

III. Peuplement de pin sylvestre, âgé de 60 ans, pris dans une autre partie de la forêt; sol couvert d'un tapis de *Vaccinium Myrtillus* et de mousse.

Couches.	Profondeur.	Acidité P_H.	Matières organiques pour 100.	Azote pour 100.
Couverture morte, pénétrée d'une moisissure jaune	de 0 à 2^{cm}	4,6	46,22	0,883
Humus	de 2 à 7	4,8	34,10	1,003
Sable gris de plomb	de 7 à 9	5,2	2,91	0,082
Terre minérale brune	de 9 à 14	5,75	2,60	0,061
» foncée	de 14 à 21	6,05	4,00	0,101
» gris clair	de 21 à 35	6,55	0,68	0,110
» brun clair	de 35 à 40	6,60	0,93	0,072
» jaune foncé	de 40 à 50	6,80	0,36	0,052
» jaune	de 50 à 60	6,9	0,18	0,035
» jaune clair	de 60 à 80	7,0	0,02	0,034
» jaune clair	de 80 à 100	7,3	0,05	0,035

Grande variation entre le haut et bas, où la réaction devient alcaline.

IV. Peuplement de pin sylvestre avec taillis-sous-futaie d'épicéa, âgé de 70 ans, tout près du précédent; aspect plus favorable, même tapis vigoureux de *Vaccinium Myrtillus*. Contre toute attente, on a trouvé, à la profondeur de 40^{cm}, une couche d'alios brun foncé.

Couches.	Profondeur.	Acidité Pн.	Matières organiques pour 100.	Azote pour 100.
Humus	de 0 à 6^{cm}	4,3	22,87	0,871
Terre végétale noire	de 6 à 20	5,5	7,33	0,243
Sable gris de plomb	de 20 à 40	6,9	0,08	0,035
Alios ferrugineux	de 40 à 42	5,7	2,87	0,075
Terre minérale jaune clair	de 42 à 75	6,8	0,36	0,055

L'humus de ce peuplement était plus acide que les précédents. Le sable gris de plomb était presque neutre, l'alios à peu près de même acidité que la couche de terre végétale et relativement riche en matière organique et en azote; plus bas, nouvelle diminution de l'acidité, de la matière organique et de l'azote. On peut noter que la formation de l'alios n'avait entraîné aucun effet visiblement nuisible à la végétation forestière, comme il arrive, par exemple, dans les terres de bruyère.

PHYSIOLOGIE. — *Production d'un lait de vache doué de propriétés antirachitiques*. Note [1] de MM. **Lesné** et **Vagliano**, présentée par M. Widal.

Après nous être assurés par de nombreuses expériences que le lait de femme [2], ainsi que celui de divers animaux, était dépourvu de propriétés antirachitiques, nous avons cherché si l'on ne pouvait faire apparaître cette propriété dans le lait en modifiant l'alimentation de la vache qui le fournit.

On sait, depuis longtemps déjà, que l'huile de foie de morue ingérée agit de façon très efficace sur le rachitisme infantile et sur le rachitisme expérimental [3].

Bien que cette action soit tout à fait indépendante de celle de la vita-

---

(1) Séance du 7 juillet 1924.

(2) Lesné et Vagliano, *C. R. Soc. de Biol.* t. 91, 1924, p. 143.

(3) Schabad, *Zeitsch. f. klin. Med.*, t. 68, 1909, p. 94, et t. 69, 1910, p. 435. — F. Park et J. Howland, *Bull. of the Johns Hopk. Hosp.*, t. 32, 1921, p. 391.

mine A liposoluble (¹), nous nous sommes demandé si le facteur antirachitique de l'huile de foie de morue ingérée n'était pas excrété par le lait à l'exemple de ce qui se passe pour les vitamines A, B et C : nous avons en effet démontré que la nourrice, dont l'alimentation est privée de vitamines, produit un lait avitaminé (²).

Nous avons choisi une vache laitière de bonne santé et avons ajouté, à son alimentation quotidienne, l'extrait de 500g d'huile de foie de morue (cette forte dose est nécessaire pour obtenir les résultats).

Cette alimentation est fort bien tolérée; l'état général reste excellent, l'appétit est plutôt augmenté, il n'y a pas de troubles digestifs.

Pendant toute la durée de l'expérience, la quantité de lait excrété ne diminue pas et ce lait ne présente aucune modification d'odeur, de couleur ou de saveur.

Le beurre est moins coloré mais son goût reste aussi agréable; sa proportion ne varie guère, oscillant entre 38 et 42g par litre.

La teneur en Ca par litre était de 1g,23.

L'acide phosphorique inorganique par litre était de 2g,11; organique, de 0g,97.

La lécithine dosée en P^4O^5 par litre était de 1g,40, *chiffre extrêmement élevé*, puisque dans le lait normal le taux de la lécithine ne dépasse pas 0g,40 à 0g,60.

Ce beurre est très riche en vitamine de croissance (liposoluble A) comme le montre l'expérience suivante :

De jeunes rats ont été soumis à un régime composé de riz décortiqué, caséine purifiée, levure de bière et 3 pour 100 de beurre provenant d'une vache non traitée.

Un second lot de jeunes rats a été soumis au même régime renfermant même dose de beurre provenant d'une vache traitée par l'huile de foie de morue.

Après un mois, les animaux du premier lot avaient gagné 15g.

Ceux du second lot avaient gagné 35g; le beurre qui les avait nourris était donc très riche en vitamine de croissance.

Dalyel avait fait la même constatation chez des nourrices absorbant de l'huile de foie de morue; l'augmentation de poids de leurs nourrissons était alors beaucoup plus rapide que dans les périodes où leur régime était normal.

Le beurre de la vache traitée par l'huile de foie de morue renfermait en outre le facteur antirachitique comme le démontre l'expérience suivante :

De jeunes rats de 30g ont été soumis au régime rachitigène 85 de Pappenheimer, dans lequel, dès le début de l'expérience, le beurre employé provenait de la vache traitée; 25 jours plus tard, ces rats ont été sacrifiés : quelques-uns présentaient des lésions très légères de rachitisme et la plupart étaient indemnes. Les rats témoins dont le régime comportait du beurre provenant d'une vache non traitée avaient un rachitisme très intense.

Le beurre de la vache ingérant de l'huile de foie de morue est donc doué de pro-

---

(¹) Lesné et Vagliano, *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 711.

(²) Wollman et Vagliano, *Comptes rendus*, t. **176**, 1922, p. 832. — Lesné et Vagliano, *C. R. XVIe Congrès de Médecine*, Paris, 1922, p. 146.

priétés préventives contre le rachitisme expérimental. Il est aussi doué de propriétés curatives comme le démontre l'expérience suivante :

De jeunes rats de 30g ont été soumis au régime rachitigène 85 de Pappenheimer et, après 15 jours, nous avons remplacé dans ce régime le beurre ordinaire par le beurre de la vache traitée. 25 jours après, ces rats ont été sacrifiés : quelques-uns présentaient des lésions minimes de rachitisme, mais la plupart étaient complètement normaux.

Le lait de cette vache traitée par l'huile de foie de morue a été donné à des enfants dont le rachitisme était en évolution. Ce traitement a agi favorablement sur l'état général, sur l'hypotonie musculaire et sur les lésions osseuses. Au niveau des extrémités épiphysaires, la radiographie a mis en évidence une calcification progressive, moins rapide cependant que si l'on fait ingérer directement aux petits malades de l'huile de foie de morue.

L'organisme n'accumule pas le facteur antirachitique. En effet, comme l'ont montré Hess et Weinstock ([1]), l'ingestion de l'huile de foie de morue par les femelles en état de gestation ou de lactation ne préserve pas du rachitisme les jeunes rats soumis ultérieurement à un régime rachitigène.

Ces expériences nous permettent d'exprimer les conclusions suivantes :

Le lait d'une vache traitée par l'huile de foie de morue à haute dose fournit un beurre très riche en lécithine et en vitamine de croissance. L'huile de foie de morue mérite donc d'être recommandée aux nourrices.

Ce beurre renferme un facteur antirachitique qui est différent de la vitamine A ; il agit de façon préventive et curative sur le rachitisme expérimental du rat. Le lait produit par des vaches ainsi traitées paraît doué d'une certaine valeur thérapeutique dans le rachitisme infantile en évolution. Il serait d'autre part intéressant de l'employer au point de vue prophylactique chez des enfants soumis à des conditions hygiéniques défectueuses qui les prédisposent au rachitisme.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la sensibilisation de l'organisme du cobaye à l'avitaminose C.* Note ([2]) de MM. **G. Mouriquand, Paul Michel** et **M. Berheim**, présentée par M. Widal.

Nous avons montré ([3]) qu'une première atteinte de scorbut expérimental aigu sensibilisait l'organisme du cobaye pour une nouvelle carence du même ordre.

([1]) F. Hess et M. Weinstock, *Amer. J. of dis. of children*, t. 27, 1924, p. 1-5.

([2]) Séance du 16 juillet 1924.

([3]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1098.

Au cours de nouvelles recherches nous avons voulu vérifier si cette sensibilisation persistait indéfiniment ou si au contraire elle finissait par s'atténuer peu à peu. Alors que la guérison cliniquement complète datait respectivement (en moyenne) de 12 et 42 jours dans les séries étudiées précédemment, nous avons remis au régime scorbutigène aigu (orge + foin) des cobayes guéris les uns depuis 62 et les autres depuis 87 jours. Parallèlement à chaque groupe, nous avons carencé pour la première fois des sujets témoins rigoureusement du même poids, ce dernier, nous l'avons montré (¹), conditionnant étroitement la précocité d'apparition des manifestations scorbutiques. Chaque groupe comprenait 20 animaux, et dans chacun d'eux nous avons sacrifié au préalable un ancien carencé afin d'examiner au microscope l'état du foie et de la moelle osseuse.

Voici sommairement résumées les constatations que nous avons pu faire :

I. *Cobayes guéris complètement depuis* 62 *jours*. — Chez ces animaux nous avons noté une apparition encore assez précoce de la douleur osseuse par rapport aux témoins (8ᵉ jour au lieu de 17ᵉ jour). Par contre, la crépitation, indice d'hémorragie, s'est montrée exactement à la même date (19ᵉ jour) et la survie a été sensiblement la même dans les deux groupes.

L'examen histologique a mis en évidence dans le foie de grosses lésions de dégénérescence vacuolaire à prédominance hépatique, distinctes du type granulo-graisseux et sur la nature exacte desquelles de nouvelles recherches se poursuivent.

Quant à la moelle osseuse elle a paru normale, sans hémorragie ni aspect fibrillaire.

II. *Cobayes guéris complètement depuis* 87 *jours*. — Dans ce groupe les différences tendent encore plus à s'estomper. La sensibilité osseuse est apparue au 13ᵉ jour au lieu du 15ᵉ jour chez les témoins, et la crépitation le 21ᵉ au lieu du 20ᵉ. La survie a été identique dans les deux cas.

L'examen histologique n'a révélé aucune altération ni dans le foie ni dans la moelle osseuse. A cette date la guérison était donc absolue (²).

En résumé, les constatations que nous avons pu faire démontrent que cette sensibilisation n'est que passagère et qu'elle va s'atténuant peu à peu.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 652.

(²) Sur des cobayes dont la guérison clinique datait de 75 jours, nous avons essayé de préciser l'action de doses relativement faibles (5^{cm^3}) de jus de citron cru et de notre régime scorbutigène chronique (orge foin, jus de citron stérilisé $1^h 30^m$ à 120°, 10^{cm^3}). Dans les deux cas, au 53ᵉ jour de l'expérience, nous n'avons pu encore noter de différences entre les sujets neufs et ceux déjà carencés antérieurement.

D'autre part, l'histologie confirme qu'elle est étroitement liée à la longue persistance de lésions fines et qu'elle disparaît au fur et à mesure que celles-ci rétrocèdent. Ce parallélisme constitue une nouvelle preuve qu'il ne s'agit pas au fond de véritable sensibilisation mais de séquelles anatomiques que seul un examen histologique minutieux permet de mettre en évidence.

CYTOLOGIE. — *Constitution du cytoplasme d'une cellule glandulaire : la cellule des glandes salivaires de la larve du Chironome.* Note de MM. **M. Parat** et **J. Painlevé**, transmise par M. Henneguy.

Les cellules des glandes salivaires des larves du Chironome sont bien connues pour la grosseur et les particularités de leur noyau; leur transparence remarquable en fait un objet de choix pour une étude du protoplasma vivant. Pour les observer sans altérations, il suffit de les extraire avec soin et de les examiner dans le sang même de la larve. Chaque glande est constituée d'une trentaine de cellules disposées en une assise unique autour d'une large chambre excrétrice d'où part un canal capillaire muni d'un filament chitineux spiralé.

Le cytoplasme montre dans ses parties les plus superficielles un chondriome représenté par de très nombreux bâtonnets réfringents fins et courts. Ils apparaissent plus nettement lorsqu'on les colore par le violet Dahlia (en solution avec du chlorure de Mn) ou par le vert Janus très dilué; le brun Bismarck facilite l'observation sans que l'on puisse affirmer qu'il s'agisse d'une véritable coloration. Le rouge neutre, le violet de crésyl, le brillant crésyl bleu, le bleu de Nil restent sans action.

Si l'on prolonge trop longtemps l'examen, on assiste à une brusque vésiculisation des chondriosomes; la vésiculisation est rapide après l'action du vert Janus, elle l'est moins après le Dahlia. Ces colorants, surtout le Dahlia, diffusent dans le protoplasme sans que le chondriome soit altéré ou cesse d'être visible en laissant absolument incolores un très grand nombre de vacuoles. Celles-ci se colorant aisément par le rouge neutre, on peut réaliser une double coloration vitale, avec le vacuome (1) teint en rouge et

(1) Nous croyons devoir employer ce terme emprunté aux remarquables recherches du professeur P.-A. Dangeard et de P. Dangeard, sur la cellule végétale; il représente bien entendu l'ensemble des vacuoles colorables par le rouge neutre.

le chondriome en vert ou violet. Ces faits viennent en confirmation des récentes observations d'Accoyer ([1]) et, comme elles, tendent à prouver le bien fondé de l'opinion de Guilliermond que *vacuome et chondriome sont deux éléments morphologiques fondamentaux mais indépendants, de toute cellule animale comme végétale*.

Le vacuome présente des variations de taille et de répartition; on doit faire remarquer cependant qu'il renferme dans certains cas, groupés autour du noyau et à la base de la cellule, des grains de sécrétion reconnaissables à leur taille et à leur réfringence et décelables après fixation par les méthodes histologiques usuelles. Le chondriome étudié sur des coupes après fixation de Regaud occupe bien la couche la plus superficielle du cytoplasme; on n'en observe pas entre les vacuoles qui, elles, sont plus profondément situées.

Le protoplasme dans lequel sont répartis vacuome et chondriome est homogène; à l'ultramicroscope, il est optiquement vide. C'est lui que colore vitalement par diffusion le Dahlia. L'acide osmique lui donne une teinte grise uniforme sans y déceler aucun élément figuré; après la fixation de Ciaccio, le Soudan III le teint fortement en respectant le vacuome : il s'agit donc d'un lipoïde. Or la réaction de Salkowski est négative, ce qui indique l'absence de cholestérine. La réaction de Mac Callum pour le phosphore est positive, même après l'action d'acide acétique et après un assez long démasquage; elle est négative après l'action d'un solvant des graisses, l'éther par exemple. Il nous est donc permis de conclure à l'existence d'un lipoïde phosphoré fixé à un substratum protéique, la réaction de Millon, difficile à saisir, étant cependant positive.

En résumé, le protoplasme de cette cellule glandulaire est constitué à notre avis par deux éléments morphologiques fondamentaux : le *chondriome*, d'ailleurs simple condensation de la phase lipoïdique et le *vacuome* représentant sans doute la phase aqueuse, intervertie, dispersée par conséquent et pouvant renfermer des produits d'élaboration : les grains de sécrétion.

([1]) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 91, 1924, p. 665.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le mécanisme du choc anaphylactique.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Passant en revue la théorie moderne de l'anaphylaxie, M. Bordet (¹) oppose à l'explication que nous avons donnée des chocs un argument qui ne résiste pas à l'analyse des phénomènes qu'il rapporte.

Rappelons que nous avons attribué la crise anaphylactique aiguë à l'excitation brusque par les floculats des terminaisons nerveuses endovasculaires du sympathique au niveau des centres (²).

Cette excitation provoque un dérèglement de l'équilibre du système nerveux de la vie organo-végétative, le choc se traduisant, en effet, par des perturbations profondes dans le fonctionnement des appareils organiques commandés par le réseau sympathique.

A cette conception, M. Bordet objecte le fait suivant : lorsqu'on traite un sérum inoffensif par une suspension de gélose, il se trouble et devient toxique, mais si l'on élimine, par centrifugation, le floculat qui s'est ainsi formé, le liquide sérique clair, qui se trouve au-dessus du culot, est lui-même toxique, bien qu'il ne paraisse pas renfermer de précipité.

Les choses se passent bien ainsi, lorsque le sérum est centrifugé à l'aide des appareils habituellement en usage dans les laboratoires; mais si l'on s'adresse à des centrifugeurs plus puissants et que l'on poursuive l'opération pendant un temps suffisant, une demi-heure par exemple, on débarrasse le sérum des particules qu'il renferme encore et il devient complètement inoffensif. Ces éléments très ténus, que l'on élimine difficilement, ne se forment, par l'action de la gélose, qu'avec du sérum frais; le sérum chauffé à 56 perd sa propriété de donner ce floculat lorsqu'il est mis en contact avec cette substance.

Avant centrifugation, le sérum chauffé gélosé n'est toxique que parce qu'il renferme de la gélose en suspension et se comporte comme un sérum artificiel isovisqueux.

Indépendamment des préparations sériques gélosées, on peut rencontrer des sérums normaux ou préparés parfaitement limpides, exempts de tout floculat et cependant plus ou moins toxiques.

La floculation nocive responsable de la crise sympathique n'est plus alors

---

(¹) J. Bordet. *Les théories actuelles de l'anaphylaxie* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 243-249).

(²) Auguste Lumière, *Le problème de l'anaphylaxie*. Doin, Paris, 1924.

celle qui préexistait dans le sérum déchaînant, mais bien celle qui se forme ensuite par réaction de ce sérum sur le plasma de l'animal.

Il est facile d'ailleurs de le démontrer en mélangeant *in vitro* du sérum de cobaye normal d'une parfaite limpidité avec le sérum déchaînant également dépourvu de tout précipité; il se produit un floculat que la néphéloscopie et la centrifugation énergique font apparaître.

Dans ces phénomènes il est toujours possible, quand il y a choc, d'en trouver la cause dans les réactions humorales, en dehors de toute participation cellulaire. L'anaphylatoxine n'existe pas plus que les autres « phénoménines ». Ce n'est qu'un mot qui n'explique rien.

Les colloïdes ou les liquides déchaînants sont des substances qui renferment des particules insolubles en suspension et dans un certain état physique ou qui possèdent la propriété de donner des floculats par leur action sur les liquides humoraux du sujet normal ou sensibilisé ou encore qui, réalisant ces deux conditions, contiennent des précipités et sont, en outre, capables de floculer sous l'influence du sérum de l'animal auquel on les injecte.

L'étude que nous avons faite de la toxicité des autolysats et celle des sérums normaux, que nous compléterons bientôt par des acquisitions nouvelles, sont particulièrement démonstratives et confirment en tous points le rôle de la floculation dans le choc.

L'absence de choc observée parfois dans l'injection très lente de la dose déchaînante, la protection contre les chocs aussi bien anaphylactiques qu'anaphylactoïdes par l'injection intravasculaire préalable de précipités inertes, la différence considérable des effets suivant la voie d'introduction de la substance choquante, l'influence de la ligature des carotides, de la dépression barométrique, l'immunité des femelles en gestation et tant d'autres phénomènes anaphylactiques demeurent complètement mystérieux avec l'hypothèse des anaphylatoxines. Ils se comprennent, au contraire, facilement si l'on admet notre théorie à laquelle nous n'avons vu opposer jusqu'ici aucun fait contradictoire.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 25 août 1924.)

Note de M. *G. Sagnac*, La classification véritable des étoiles doubles définie par la loi précise de la projection de leur lumière rapportée à l'arrivée au Soleil de leurs signaux dans le spectre :

Page 439, ligne 22, *au lieu de* 67 ans, *lire* 100,1 ans.
Page 440, ligne 7, *au lieu de* 85,2 ans, *lire* 100,1 ans.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1924.

Notre maître le Temps; les astres et les heures; Einstein ou Bergson? par CHARLES NORDMANN. Paris, Hachette, 1924; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Paul Painlevé.)

Primo centenario (1823-1923) *della Società medica chirurgica di Bologna.* A cura della Società, 1924; 1 vol. 26cm,5.

La vie de J.-B. Dumas (1800-1884), par le général J.-B. DUMAS, son petit-fils. 230 feuillets polycopiés, 1924; 1 vol. 35cm.

Végétation du grand Atlas marocain oriental; exploration botanique de l'Ari Ayachi, par HENRI HUMBERT. Alger, la Typo-litho, 1924; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Marin Molliard.)

Travaux de la station biologique de Roscoff, publiés par CHARLES PÉREZ. Fasc. II. Paris, Presses universitaires de France, 1924; 1 fasc. 25cm,5. (Présenté par M. Charles Gravier.)

Flora ibérica. Uredales (*royas de los vegetales*); tome I, par R. GONZÁLEZ FRAGOSO. Madrid, Museo nacional de ciencias naturales, 1924; 1 vol. 24cm.

La méthode générale des sciences pures et appliquées, par ANDRÉ LAMOUCHE. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 24cm.

Discours prononcé à la séance de clôture du Congrès des Sociétés savantes de Dijon, par ALFRED LACROIX. Paris, Imprimerie nationale, 1924; 1 fasc. 25^{cm}.

The depths of the Universe, par GEORGE ELLERY HALE. New-York, London, Charles Scribner's sons, 1924; 1 vol. 20^{cm}.

British antarctic expedition 1910-1913. *Meteorology*. Vol. III. *Tables*, par G. C. SIMPSON. London, Harrison and sons, 1923; 1 vol. 31^{cm}.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1924.

Département de l'Eure. Rapports du Conseil départemental d'hygiène publique et de salubrité et des Commissions sanitaires, années 1921 *et* 1922. Pacy-sur-Eure, Émile Grateau, 1924; 1 vol. 21^{cm}.

SOPHUS LIE *gesammelte abhandlungen.* Fünfter Band : *Abhandlungen über die theorie der transformationsgruppen.* Erste Abteilung herausgegeben von FRIEDRICH ENGEL. Leipzig, B. G. Teubner; Kristiania, H. Aschehoug and C°, 1924; 1 vol. 24^{cm}.

Marine structures; their deterioration and preservation, by WILLIAM G. ATWOOD and A. A. JOHNSON. Washington, National research Council, 1924; 1 vol. 22^{cm},5.

Les lleis de macla dels feldespats de vàries roques de Camarena, Bagur, Ferragut i Eivissa, determinades pels mètodes universals de Federow, par JAUME MARCET I RIBA. Palamós, Lloréns Castelló, 1923; 1 fasc. 21^{cm},5.

Revendications, par CHARLES JANET. Limoges, Ducourtieux, 1923; 1 fasc. 25^{cm},5.

Sintesi scientifica (Concezione monocinetica dell' Universo) o la risuonanza universale, par BIANCHI ROMANO. Genoma, G. B. Marsano, 1924; 1 vol. 24^{cm},5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 SEPTEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Nicolas Saltykow**, professeur de Mathématiques à l'Université de Belgrade, qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'ordre d'un système non holonome.* Note de M. **Paul Appell**.

Imaginons un système matériel, à k degrés de liberté, dont le déplacement virtuel le plus général, compatible avec les liaisons à l'instant t, s'obtient en donnant à k paramètres $q_1, q_2, \ldots, q_k$, des accroissements infiniment petits arbitraires $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_k$. Si, d'après la terminologie de Hertz, le système est holonome, on peut faire choix de paramètres tels que les équations de Lagrange s'appliquent aux k paramètres. Si le système n'est pas holonome, il est utile d'introduire un entier positif qui définit, pour un choix des paramètres, l'ordre du système non holonome. Cet ordre est, pour le choix $q_1, q_2, \ldots, q_k$, le nombre de ces paramètres auxquels les équations de Lagrange ne sont pas applicables. Si l'on désigne par T l'énergie de vitesses et par S l'énergie d'accélérations du système

$$T = \frac{1}{2}\Sigma m V^2, \qquad S = \frac{1}{2}\Sigma m J^2,$$

l'ordre est le nombre des différences

$$\Delta_\nu = \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial q'_\nu}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_\nu}\right] - \frac{\partial S}{\partial q''_\nu}$$
$$(\nu = 1, 2, \ldots, k)$$

qui ne sont pas nulles. Cet ordre peut changer avec le choix des paramètres. Mais il existe un *ordre essentiel* attaché au système : cet ordre essentiel est la plus petite valeur que peut prendre l'ordre, quand on fait varier arbitrairement le choix des paramètres. Si, pour un système, cet ordre essentiel est *nul*, le système est holonome.

Par exemple, le cerceau est un système matériel à 3 degrés de liberté, d'ordre essentiel 2.

Dans ce qui précède je suppose les liaisons réalisées de telle façon que l'équation générale de la dynamique, déduite du principe de d'Alembert et du théorème des travaux virtuels, soit applicable. Il faut réserver pour un examen particulier les liaisons spéciales réalisées par *asservissement*, que M. Beghin a étudiées dans sa thèse « Étude théorique des compas gyrostatiques Anschütz et Sperry », thèse n° 1727, soutenue le 20 novembre 1922 devant la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Retour sur la théorie de l'éclair fulgurant.* Note [1] de M. E. Mathias.

1. La théorie de l'éclair fulgurant donnée récemment [2] consiste essentiellement en ceci : le passage d'une décharge électrique naturelle à travers l'air transforme celui-ci en un air condensé dont la température, autant qu'on en peut juger par sa lumière éblouissante, est excessivement élevée.

Cet air condensé (*reste d'éclair*) a une densité un peu supérieure à celle de l'air extérieur ; *il tombe donc,* pendant que la surface de discontinuité qui le sépare de l'air extérieur et qui est le siège d'une tension superficielle agit à la façon d'une surface rétractile qui emprisonnerait le reste d'éclair en obligeant sa surface à diminuer constamment quand le temps augmente et à tendre vers la surface minima.

L'air condensé du reste d'éclair, étant un corps fortement endothermique, explose spontanément quand sa température s'est suffisamment abaissée. Cette explosion, qui donne naissance au bruit propre de l'éclair fulgurant, est ainsi consécutive au passage de la décharge dans l'air primitif.

Dans le cas général, le refroidissement du reste d'éclair est excessivement rapide et sa disparition par explosion spontanée ne montre pas de

---

[1] Séance du 15 septembre 1924.

[2] E. Mathias, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 136 et 372.

variation sensible de sa forme extérieure, pas plus que sa chute n'est appréciable.

Exceptionnellement, le refroidissement peut être assez lent pour que le reste d'éclair se sectionne en segments lumineux équidistants séparés par des espaces obscurs (*éclair en chapelet*). Plus exceptionnellement encore, le refroidissement est assez lent pour que la tension superficielle du reste d'éclair amène celui-ci à la surface minima qui est sphérique.

Première objection. — L'air porté à une haute température n'est pas incandescent.

Cette remarque est la meilleure preuve que le reste d'éclair n'est pas constitué par de l'air simplement très chaud. Le reste d'éclair est un *air condensé*, c'est-à-dire un fluide autre que l'air et d'une densité beaucoup plus grande que lui *à la même température*.

Deuxième objection. — La théorie proposée paraît supposer que le reste d'éclair se comporte comme un *corps optiquement noir*, parce que, de sa couleur blanche, jaune ou rouge, on en a conclu une valeur approchée de sa température.

Le raisonnement fait étant purement qualitatif et ayant seulement pour but de démontrer que le reste d'éclair *qui tombe* est un air condensé, l'objection faite ne porte pas.

Troisième objection. — Tout le raisonnement suppose l'existence d'une tension superficielle régnant à la surface du reste d'éclair.

Comme l'observation de M. Kœchlin (¹) montre un éclair fulgurant passé de la forme sensiblement linéaire à la forme sphérique, c'est-à-dire à la surface minima, on doit en conclure nécessairement l'existence d'une tension superficielle. On a souvenance d'un célèbre cours de mathématiques sur les surfaces minima, où les déductions théoriques étaient vérifiées par les surfaces obtenues à l'aide de carcasses de fils de fer et d'un liquide glycérique convenable. Inversement, quand on voit la surface du reste d'éclair tendre vers sa forme minima, on est bien en droit de conclure qu'une tension superficielle règne à la surface du reste d'éclair. D'ailleurs, l'ovalisation de l'éclair sphérique sous l'influence d'un courant d'air est significative à ce point de vue.

D'autre part, comme l'éclair sphérique explose finalement (sauf certains cas exceptionnels dont il est aisé de donner l'explication), il en résulte que, dans ce cas tout au moins, le reste d'éclair est un corps explosif, c'est-à-dire,

(¹) *La Nature*, nº 2623, 12 juillet 1924. *Supplément*.

d'après les mémorables expériences de Marcelin Berthelot, un corps *endothermique*. On aboutit donc, dans le cas de l'éclair sphérique, et d'une façon nécessaire, aux conclusions de notre théorie.

2. On peut soutenir avec raison qu'une théorie nouvelle doit se démontrer dans le cas général, et non dans le cas exceptionnel comme celui de l'éclair sphérique, qu'on ne voit pas quand on le voudrait et pour lequel beaucoup de bons esprits, à l'exemple de E. Mascart, craignent des confusions provenant de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine d'un observateur aveuglé par une lumière extraordinairement riche en rayons ultra violets.

Le cas général de l'éclair fulgurant linéaire est étudié objectivement par les photographies prises par B. Walter (1) que le professeur G. Melander reproduit dans un Mémoire récent (2). Il s'agit de photographies d'éclairs dans lesquelles la plaque photographique était déplacée horizontalement d'un mouvement uniforme. La figure 5 (p. 26 du Mémoire) contient cinq photographies d'éclairs : les quatre premières sont visiblement obtenues au bout de temps équidistants de θ, la cinquième au bout d'un temps voisin de $7\,\theta$.

Pour un observateur non prévenu, les trajectoires principales des 5 éclairs sont superposables par translation rectiligne. L'éclair n° 1 ($t = 0$) offre des branches adventives dont quelques-unes sont très longues ; l'éclair n° 2 ($t = \theta$) offre les mêmes branches latérales plus courtes ; l'éclair n° 3 ($t = 2\theta$) et l'éclair n° 4 ($t = 3\theta$) ne présentent plus que des branches adjacentes petites ou nulles ; l'éclair n° 5 ($t = 7\theta$) est réduit à sa trajectoire centrale.

M. le professeur Melander dit textuellement ceci :

« Au commencement, on a des décharges préliminaires qui, par une espèce de tâtonnement, cherchent à préparer la voie à l'éclair définitif. Presque tous les éclairs, aussi bien les préliminaires que les finaux, ont des branches, quelquefois très fortes qui, dans toutes les décharges répétées, aboutissent aux mêmes points isolés de l'atmosphère. »

Cette explication d'allure trop anthropomorphique, il est aisé de la remplacer par quelque chose de plus satisfaisant au point de vue physique.

---

(1) B. Walter, *Ueber die Entstehungsweise des Blitzes* (*Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten*, t. 20, 1903).

(2) G. Melander, *Sur l'origine commune de toutes les décharges électriques dans l'atmosphère* (*Annales Academiæ Scientiarum fennicæ*, série A, t. 23, n° 6, 1924).

C'est un fait d'observation bien connu que certains nuages orageux donnent des éclairs sensiblement équidistants dans le temps, à certains moments. Cela s'explique ainsi. Le rayon d'alimentation des canaux de décharge est assez limité, d'après les expériences de H. Norinder. L'immensité de la capacité électrostatique des nuages orageux permet à la décharge de se reproduire au bout de temps sensiblement équidistants d'une certaine quantité θ, de même qu'une machine électrostatique, dont le disque tourne d'une manière uniforme, donne des étincelles équidistantes dans le temps entre les armatures de la machine.

Pourquoi, dans les conditions de la figure 5 de B. Walter, les éclairs fulgurants qui se succèdent ont-ils la même forme dans l'espace? C'est que le *reste de l'éclair n°* 1, qui est demeuré dans l'espace, sensiblement en place, n'étant tombé que d'une quantité très faible, sous-tendant un angle sensiblement nul à partir de l'appareil photographique, *constitue dans l'espace un chemin de moindre résistance par lequel passent les décharges consécutives de même voltage.*

La forme générale des trajectoires demeure donc la même, mais l'éclair n° 2 ($t = \theta$) présente des branches adjacentes moins développées que celles de l'éclair n° 1 ($t = 0$) parce que *celles-ci se sont rétractées pendant le temps* θ *sous l'influence de la tension superficielle.* Il en est de même quand on passe à l'éclair n° 3 ($t = 2\theta$) et ainsi de suite.

Enfin, non seulement l'éclair n° 5 ($t = 7\theta$) n'a plus de branches adjacentes, car il est réduit à sa trajectoire centrale, *mais il est plus court que les autres de plus d'un dixième.*

Nous ne tirerons pas argument de cette dernière particularité qui est susceptible de plusieurs interprétations.

L'influence de la tension superficielle est donc rendue évidente dans le cas général de l'éclair fulgurant.

A propos de la découverte, non encore confirmée, d'un *nouveau satellite de Jupiter*, annoncée par la presse, M. **Maurice Hamy** résume, devant l'Académie, l'état de nos connaissances sur les satellites des planètes. Il insiste sur l'intérêt que présenterait le nouvel astre, au point de vue cosmogonique, au cas où il décrirait son orbite, dans le sens rétrograde, autour de la planète.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du tome troisième, fascicule 4, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : *Rubiacées* (fin), par J. Pitard ; *Valérianacées* et *Dipsacées*, par J. Arènes ; *Composées*, par F. Gagnepain.

M. **Aimé Witz** fait hommage à l'Académie de la quatrième édition de son Ouvrage intitulé : *Thermodynamique à l'usage des ingénieurs*.

NOMINATIONS.

M. le **Maire de la ville de Dieuze**, (Moselle), invite l'Académie à se faire représenter, le 5 octobre prochain, à l'inauguration de la plaque commémorative qui sera apposée sur la maison natale de *Charles Hermite*.

L'Académie désigne M. **Henri Andoyer**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Muséum national d'Histoire naturelle (Chaire de Culture). *Plantes ornementales herbacées de plein air et rosiers*, par J. Gérôme. (Présenté par M. H. Lecomte.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les couples de fonctions d'une variable correspondant aux points d'une courbe algébrique de genre supérieur à l'unité et sur une généralisation d'un théorème de M. Picard.* Note de M. **Georges J. Rémoundos**.

1. J'ai récemment communiqué à l'Académie une notion qui se présente nécessairement lorsqu'il s'agit d'une famille ou d'une suite infinie de fonctions multiformes dans un domaine D. Je la répète ici sous une forme

abrégée, car je me propose de donner une nouvelle notion qui va nous conduire à un théorème important.

Envisageons, pour fixer les idées, une famille (F) de fonctions algébroïdes et finies (cette restriction n'est pas nécessaire) dans un domaine D. Un point $z=a$ de D sera dit *canonique* pour la famille (F) lorsqu'il n'est pas point-limite de l'ensemble (E) des points singuliers de toutes les fonctions $f(z)$ de la famille. Nous dirons aussi que la famille est canonique dans le voisinage de ce point. La famille sera dite *canonique* dans D, lorsque tous les points du domaine *ouvert* D (intérieurs à D) sont canoniques pour la famille; le domaine D sera aussi appelé canonique pour la famille (F).

Nous voyons que la notion précédente ne concerne pas une fonction isolée mais une famille de fonctions. Nous donnerons maintenant une nouvelle notion concernant une fonction isolée.

2. Considérons une fonction $f(z)$ algébroïde et finie à ν branches (pour fixer les idées) dans le voisinage d'un point régulier ou singulier isolé, que nous pouvons ramener à l'origine $z=0$, et une circonférence $|z|=R$ appartenant à ce voisinage. On sait que l'étude des valeurs de $f(z)$ dans le voisinage de $z=0$ peut se ramener [1] à celle des valeurs d'une suite infinie de fonctions dans une couronne circulaire de la manière suivante :

Envisageons les circonférences $C_0, C_1, C_2, \ldots, C_n, \ldots$ de centre origine et de rayons respectifs $R, R\theta, R\theta^2, \ldots, R\theta^n, \ldots$, où θ est un nombre positif inférieur à l'unité, et désignons par Δ_n la couronne circulaire comprise entre les circonférences C_n et C_{n+1}. Alors, la transformation $z=\theta^n\zeta$ définit la représentation conforme des couronnes Δ_n et Δ_0, ζ étant l'image dans Δ_0 du point z de Δ_n, et, par conséquent, la fonction $f_n(z)=f(\theta^n z)$ prend dans la couronne Δ_0 les mêmes valeurs que la $f(z)$ prend dans la couronne Δ_n; donc, l'étude de $f(z)$ dans la suite des couronnes $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_n, \ldots$ se ramène à l'étude dans la seule couronne Δ_0 de la suite infinie :

$$(1)\qquad f_0(z),\ f_1(z),\ f_2(z),\ \ldots,\ f_n(z),\ \ldots.$$

Voici maintenant notre nouvelle notion, qui s'introduit bien naturellement:

Si la suite (1) *est canonique dans la couronne* Δ_0, *nous dirons que la fonction donnée* $f(z)$ *est canonique dans le voisinage du point* $z=0$; *ou bien, ce point est canonique pour la fonction* $f(z)$.

---

[1] Voir, par exemple, G. JULIA, *Sur les valeurs d'une fonction uniforme dans le voisinage d'un point singulier essentiel*, p. 52-53, Paris, 1923.

Les points réguliers et les points singuliers isolés, qui ne sont pas essentiels, sont évidemment canoniques et, par conséquent, la nouvelle notion n'intéresse que les points singuliers essentiels isolés, dont l'existence pour les fonctions algébroïdes est bien établie par l'extension aux fonctions algébroïdes des célèbres théorèmes de M. Picard, que j'ai obtenue autrefois ([1]).

Comme exemple de fonction algébroïde canonique dans le voisinage d'un point singulier essentiel isolé $z = 0$, citons une fonction $f(z)$ admettant les points critiques

$$c_n = R\theta^{n+\frac{1}{n}} \quad (n = 1, 2, 3, 4, \ldots)$$

dont un se trouve dans chaque couronne D_n. La transformation $z = \theta^n \zeta$ transforme le point singulier $c_n = R\theta^{n+\frac{1}{n}}$ à son image $R\theta^{\frac{1}{n}}$ situé dans la couronne Δ_0 et tendant vers R pour $n = \infty$. Donc, les fonctions de la suite (1) ne possèdent dans Δ_0 que les points singuliers

$$R\theta, \quad R\theta^{\frac{1}{2}}, \quad R\theta^{\frac{1}{3}}, \quad R\theta^{\frac{1}{4}}, \quad \ldots, \quad R\theta^{\frac{1}{n}}, \quad \ldots,$$

dont l'ensemble n'a qu'un point limite R qui se trouve sur la frontière de la couronne Δ_0. Donc, le point $z = 0$, qui est singulier essentiel, est canonique pour la fonction considérée.

Cette nouvelle notion des points canoniques nous permet maintenant de généraliser un autre théorème important de M. Picard, d'après lequel il est impossible d'obtenir, pour une courbe algébrique de genre supérieur à l'unité, une représentation paramétrique uniforme par des fonctions ayant des points singuliers essentiels isolés ([2]). Voici notre nouveau théorème :

Théorème. — *Il est impossible d'obtenir, pour une courbe algébrique de genre supérieur à l'unité, une représentation paramétrique par des fonctions qui sont algébroïdes et canoniques dans le voisinage de points singuliers essentiels isolés.*

Si les fonctions de la représentation paramétrique sont uniformes dans le

---

([1]) Voir ma *Thèse de doctorat* de l'Université de Paris, p. 6-20, Paris, 1906, reproduite dans les *Annales de la Faculté des sciences de Toulouse*, 2e série, t. 8, p. 1-72 (*Sur les zéros d'une classe de fonctions transcendantes*). Voir aussi *Sur le module et les zéros des fonctions analytiques* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 157).

([2]) E. Picard, *Sur une proposition concernant les fonctions uniformes d'une variable liées par une relation algébrique* (*Bulletin des Sciences mathématiques et astronomiques*, 2e série, t. 12, 1883, p. 107-116); *Démonstration d'un théorème général sur les fonctions uniformes liées par une relation algébrique* (*Acta mathematica*, t. 11, 1887, p. 1-12).

voisinage de points singuliers essentiels isolés, elles y sont nécessairement canoniques et, par conséquent, le théorème de M. Picard se présente comme un cas particulier du nôtre.

ASTRONOMIE. — *Éléments de la planète Alger* M = 1924 PQ. Note (1) de M. **Benjamin Jekhowsky**, transmise par M. Bigourdan.

J'ai découvert cette planète le 17 janvier dernier et je l'ai suivie photographiquement à l'Observatoire d'Alger jusqu'au 9 avril.

D'après les observations des janvier 17, février 14 et mars 16, j'ai obtenu les éléments suivants :

Époque : 1924 février 14,5 T. M. G.

$$\begin{aligned} M &= 355^\circ 30' 45'',34 \\ \omega &= 95^\circ 54' 29'',79 \\ \Omega &= 28^\circ 12' 19'',05 \\ i &= 11^\circ 52' 28'',47 \\ \varphi &= 12^\circ 14' 27'',82 \\ \log a &= 0,4283953 \\ \mu &= 808'',00434 \end{aligned}$$

(ω, Ω, i : Équinoxe et Écliptique 1924,0)

Grandeur $= 10,0 + 5\Delta r$, au moment de l'opposition $= 12,0$.

Ces éléments donnent ces constantes de Gauss :

$$\begin{aligned} x &= r[\bar{1},9979364] \sin(v + 213^\circ 36' \ 1'',60), \\ y &= r[\bar{1},9197729] \sin(v + 127^\circ 20' 46'',06), \\ z &= r[\bar{1},7514527] \sin(v + 115^\circ 22' 46'',93). \end{aligned}$$

Représentation :

1924		Janv. 17.	Janv. 18.	Janv. 28.	Févr. 5.	Févr. 7.	Févr. 14.	Mars 16.	Avril 3.
Obs.-calc.	$\Delta\alpha$...	+0″,1	−0″,3	+0″,4	+1″,4	+0″,8	0″,0	0″,0	−0″,5
	$\Delta\delta$...	+1″,5	+1″,2	+1″,4	+1″,1	+1″,3	0″,0	0″,0	−0″,4

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la décroissance retardée des neiges australes de Mars et sa coïncidence avec le minimum solaire.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

Ayant mesuré l'arc aréocentrique sous-tendu par les neiges polaires de Mars sur plus d'un millier de dessins exécutés depuis 1856, j'ai pu établir

(1) Séance du 15 septembre 1924.

une éphéméride approximative permanente de l'étendue moyenne des deux calottes polaires pour les diverses longitudes héliocentriques de la planète.

Or, dès les premières observations de 1924, avec la lunette de $0^m,83$ de l'Observatoire de Meudon, que j'ai pu utiliser encore cette année, grâce à l'amabilité de M. Deslandres, je constatai que les dimensions des neiges australes de Mars étaient bien supérieures à celles de la moyenne. Depuis, la calotte polaire s'est montrée longtemps plus étendue que les valeurs normales, ainsi qu'on le verra par le tableau suivant, où la première colonne de chiffres donne la grandeur observée des neiges, la deuxième l'étendue moyenne depuis 1860, et la troisième la différence entre ces deux valeurs :

Date. 1924.	D_o.	D_c.	$\Delta_{(o-c)}$.	Date. 1924.	D_o.	D_c.	$\Delta_{(o-c)}$.
Juin 3	60°	52°	+8°	Août 6	43°	35°	+8°
» 6	62	52	+10	» 7	43	34	+9
» 10	58	51	+7	» 8	43	34	+9
» 11	58	51	+7	» 9	41	33	+8
» 17	62	50	+12	» 10	45	33	+12
» 21	60	50	+10	» 11	46	32	+14
» 22	58	49	+9	» 12	42	31	+11
» 24	62	49	+13	» 13	42	30	+12
» 26	60	48	+12	» 18	41	30	+11
» 27	60	47	+13	» 19	41	29	+12
Juill. 1er	55	47	+8	» 22	41	28	+13
» 2	59	46	+13	» 23	38	27	+11
» 6	54	45	+9	» 27	32	26	+6
» 8	55	45	+10	Sept. 2	25	26	−1
» 10	56	44	+12	» 3	26	25	+1
» 12	55	43	+12	» 4	25	24	+1
» 19	51	42	+9	» 5	23	23	0
» 20	55	41	+14	» 8	18	22	−4
» 23	54	40	+14	» 11	20	22	−2
» 24	56	40	+16	» 14	22	21	+1
» 25	52	39	+13	» 15	18	21	−3
Août 1er	58	38	+20	» 16	20	20	0
» 2	56	37	+19	» 17	22	20	+2
» 3	43	36	+7	» 18	26	20	+6

Ainsi, du début de juin à la fin d'août, la calotte neigeuse se montra bien plus grande que la moyenne; mais, les premiers jours de septembre, elle sembla diminuer au point de rentrer dans les dimensions normales,

pour paraître de nouveau un peu plus grande à la fin de ces observations.

Les faibles dimensions apparentes des neiges, en septembre, sont dues surtout à l'excentricité de la calotte par rapport au pôle austral de rotation, qui fait que les neiges paraissent plus petites par une longitude du centre de 210° que par une de 30°. Cette diminution est naturellement plus apparente sur une calotte réduite que sur une grande. De plus, si l'on tient compte aussi de l'irrégularité de contour des neiges, il y a lieu de considérer ces résultats surtout dans leur ensemble. Ils font incontestablement ressortir un retard dans la décroissance de la calotte neigeuse sud; et les dimensions anormales des neiges indiquent que le dernier hiver était rigoureux dans l'hémisphère austral de la planète.

Ayant constaté que, lors du grand minimum solaire de 1913, la calotte polaire nord de Mars paraissait plus étendue qu'à aucun moment depuis 1856, début de la documentation utilisée, et qu'elle décroissait plus lentement encore, par rapport à la moyenne, que la calotte sud en 1924, je n'hésitai pas à attribuer le retard dans la diminution des neiges australes, cette année, à la radiation solaire affaiblie du minimum actuel (1). Les mesures de M. C.-G. Abbot indiquent, en effet, qu'en juin et juillet derniers, la radiation calorifique du Soleil restait inférieure d'environ 2,5 pour 100 à la normale (2).

OPTIQUE. — *Sur une perturbation thermique possible dans l'expérience de Michelson.* Note de M. E. **Brylinski**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Traçons dans la salle de l'expérience, par le centre du plateau de Michelson, une perpendiculaire à la composante horizontale de la vitesse absolue de la Terre, et supposons placée sur cette droite, à proximité du plateau, une source de chaleur Q fixe dans la salle.

Dans la première position (3) du plateau, Q sera dans le voisinage du miroir M_1 et la température des diverses parties du plateau ira en décroissant, du miroir M_1 à l'écran E, de telle sorte que, si θ_1 est la température moyenne du bras OM_1, θ_2 celle du bras OM_2 ou du bras OS et θ_3 celle du

---

(1) *Bulletin de la Société astronomique de France*, t. 38, juillet 1924, p. 299.

(2) *Ibid.*, septembre 1924, p. 363.

(3) Pour la signification des termes employés, le lecteur est prié de se reporter à notre Note *Sur l'expérience de Michelson* (*Comptes rendus*, t. 177, 1924, p. 874).

bras OE, on aura

$$\theta_1 > \theta_2 > \theta_5.$$

Il n'est pas inutile de signaler dès à présent que ni la température du bras OS, ni celle du bras OE ne jouent de rôle dans le résultat de l'expérience. Le long de OS, en effet, l'onde lumineuse n'est pas encore dédoublée, de sorte que l'effet différentiel est nul, et nous avons montré (1) que les écarts de longueur de OE ne produisaient que des différences trop petites pour pouvoir être expérimentalement constatées dans l'état actuel de précision accessible.

Si l'on tient compte de ces éléments, la différence de durée des trajets devient, en se bornant aux termes du second ordre, dans la première position,

$$t_2 - t_1 = \frac{l_0}{c}[\beta^2 - 2\alpha(\theta_1 - \theta_2)].$$

Lorsque le plateau aura fait un quart de tour, avec la lenteur que nécessite le maniement d'un appareil aussi délicat, c'est le miroir M_2 qui sera placé à proximité de la source Q, les températures moyennes des deux bras OM_1 et OM_2 seront θ_3 et θ_4 et l'on aura

$$\theta_4 > \theta_3,$$
$$t_4 - t_3 = \frac{l_0}{c}[-\beta^2 + 2\alpha(\theta_4 - \theta_3)].$$

De même, quand le plateau aura fait un nouveau quart de tour, on aura

$$t_6 - t_5 = \frac{l_0}{c}[\beta^2 + 2\alpha(\theta_6 - \theta_5)]$$

et, après un autre quart de tour,

$$t_8 - t_7 = \frac{l_0}{c}[-\beta^2 + 2\alpha(\theta_8 - \theta_7)].$$

Il est d'ailleurs évident que, si le mouvement de rotation du plateau est suffisamment lent, on aura approximativement

$$\theta_2 = \theta_3 = \theta_6 = \theta_7,$$
$$\theta_1 = \theta_4,$$
$$\theta_5 = \theta_8,$$
$$\theta_6 - \theta_5 = \theta_1 - \theta_2,$$

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1924, p. 1023.

et, par conséquent,

$$t_2 - t_1 = \frac{l_0}{c}[\quad \beta^2 - 2\alpha(\theta_1 - \theta_2)],$$

$$t_4 - t_3 = \frac{l_0}{c}[-\beta^2 + 2\alpha(\theta_1 - \theta_2)],$$

$$t_6 - t_5 = \frac{l_0}{c}[\quad \beta^2 + 2\alpha(\theta_1 - \theta_2)],$$

$$t_8 - t_7 = \frac{l_0}{c}[-\beta^2 - 2\alpha(\theta_1 - \theta_2)],$$

c'est-à-dire que l'expérience doit donner comme résultat la superposition, à la déviation prévue par la théorie ordinaire, d'un phénomène périodique dans le tour, lequel a été mis en évidence, en 1921, par le professeur Miller.

Si l'on met, par exemple, la déviation sous la forme

$$a \sin\left(2\pi\frac{t}{T} - \varphi\right) + b \sin\left(4\pi\frac{t}{T} - \xi\right),$$

on voit immédiatement que

$$a \sin\varphi = a \cos\varphi = 2\alpha\frac{l_0}{c}(\theta_1 - \theta_2),$$

$$b \sin\xi = -\beta^2\frac{l_0}{c}.$$

Pour que le phénomène périodique dans le tour ait une valeur triple, par exemple, de celle du phénomène attendu, il faut (en remarquant que $\sin\xi$ est égal à l'unité, puisque le phénomène normal s'annule dans la position à $\frac{1}{8}$ de tour) que

$$2\sqrt{2}\,\alpha\frac{l_0}{c}(\theta_1 - \theta_2) = 3\beta^2\frac{l_0}{c}$$

ou, approximativement,

$$\theta_1 - \theta_2 = \frac{\beta^2}{\alpha}.$$

Or, β^2 est de l'ordre de 10^{-8} et α de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-6}, de sorte qu'il suffirait d'un écart de température de 0,01 à 0,001° C. pour obtenir une perturbation Miller de cette importance.

Si, d'ailleurs, la source Q se trouve en un autre point de la salle, les résultats obtenus subsistent sous réserve de modifications d'importance secondaire.

Il semble que des écarts aussi faibles de température puissent résulter simplement du fait qu'un des murs de la salle aurait été plus chaud que le

mur d'en face, ou de la présence d'observateurs, dont le corps est nécessairement à une température supérieure à celle du plateau.

D'autre part, des dilatations résultant de différences de température moitié de celles que nous venons d'évaluer annuleraient complètement les différences $(t_2 - t_1)$ et $(t_4 - t_3)$, ou $(t_6 - t_5)$ et $(t_8 - t_7)$. On conçoit dès lors que des écarts de température à peu près impossibles à éviter en raison de leur extrême petitesse aient pu suffire à fausser les résultats de l'expérience, en les rendant dans certains cas trop petits et surtout très variables.

Il semble que le seul moyen d'obtenir des résultats plus précis serait de refaire les essais en employant un plateau constitué en alliage acier-nickel de coefficient de dilatation très faible, tel que l'*invar*; les perturbations thermiques produites sur le plateau de fonte employé par le professeur Miller se trouveraient ainsi réduites au dixième environ de leur valeur. Mais il faudrait annuler le champ magnétique terrestre ou tenir compte de son effet sur le plateau d'invar.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur une propriété remarquable de la dérivée première de la loi de Trouton-de Forcrand et sur la valeur probable de l'entropie électronique.* Note [1] de M. NICOLAS PERRAKIS, transmise par M. Albin Haller.

Il est admis aujourd'hui que l'émission électronique est un phénomène à plusieurs points comparable à celui de la vaporisation.

C'est ainsi que M. Megh Nad Saha [2] assimilant l'émission électronique à la dissociation arrive, en appliquant la loi de Guldberg et Waage, à donner au problème de l'évolution stellaire une orientation permettant la conciliation de faits jusqu'ici tenus comme contradictoires.

J'ai pensé que la loi de Trouton-de Forcrand appliquée à la masse électronique pourrait nous conduire à des résultats de quelque intérêt.

La loi de Trouton revisée par M. R. de Forcrand [3] peut être exprimée par la relation

$$(1) \qquad \frac{L}{T} = \Phi[T] = 10,1 \log T - 1,5 - 0,009\,T + 0,0000026\,T^2,$$

---

[1] Séance du 25 août 1924.
[2] JEAN BOSLER, *Évolution des Étoiles*, p. 30 et suiv.
[3] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1648.

où L et T désignent respectivement la chaleur latente de vaporisation et la température absolue d'ébullition, à la pression atmosphérique.

En différentiant l'équation (1), on obtient

$$\frac{d\Phi[\mathrm{T}]}{d\mathrm{T}} = \frac{1}{\mathrm{T}}\left[\frac{d\mathrm{L}}{d\mathrm{T}} - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right] = 4,39 \times \frac{1}{\mathrm{T}} - 0,009 + 0,0000052\,\mathrm{T};$$

d'où, en multipliant par T,

$$\left[\frac{d\mathrm{L}}{d\mathrm{T}} - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right] = 4,39 - 0,009\,\mathrm{T} + 0,0000052\,\mathrm{T}^2.$$

D'autre part, on sait que la quantité $\left[\frac{d\mathrm{L}}{d\mathrm{T}} - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right]$ est égale à la différence des chaleurs spécifiques le long de la courbe d'équilibre de chacune des deux phases limitées par cette courbe.

On pourra donc écrire, en désignant par m_1 et m_2 ces chaleurs spécifiques et par σ leur différence :

$$(2) \qquad \left[\frac{d\mathrm{L}}{d\mathrm{T}} - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right] = [m_2 - m_1] = \sigma = 4,39 - 0,009\,\mathrm{T} + 0,0000052\,\mathrm{T}^2.$$

Ceci posé, imaginons un corps de poids atomique *rigoureusement* égal à l'unité dont le point d'ébullition soit voisin du zéro absolu et appliquons à ce corps hypothétique l'équation (2).

Il en résulte

$$\lim\left[\frac{d\mathrm{L}}{d\mathrm{T}} - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right] = \lim[m_2 - m_1] = |\sigma| = 4,39.$$

Opérant *à pression constante*, nous pouvons considérer la quantité $|\sigma|$ comme étant la capacité calorifique à pression constante de ce corps hypothétique et écrire

$$|\sigma|_p = 4,39.$$

Supposons que ce corps hypothétique peut être rangé parmi les gaz monoatomiques, nous aurons sa capacité calorifique à volume constant en divisant 4,39 par γ, rapport des chaleurs spécifiques qui, dans le cas des gaz monoatomiques, est égal à 1,65 environ.

D'où

$$|\sigma|_v = \frac{|\sigma|_p}{1,65} = \frac{4,39}{1,65} = 2,66 \neq \frac{3}{2}\mathrm{R} \neq 2,98\,\frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{degré}}.$$

Nous voyons que la concordance est satisfaisante.

Il semble donc que la chaleur spécifique des gaz monoatomiques soit la quantité de chaleur limite vers laquelle tendent celles de tous les gaz,

lorsque la température décroît progressivement jusqu'à se rapprocher du zéro absolu.

Ce calcul vient confirmer une induction intéressante de M. J. Perrin. En effet, ce savant s'exprime ainsi dans son livre *Les Atomes* (p. 106) «... et il semble en définitive probable qu'à température suffisamment basse tous les gaz prennent la chaleur spécifique 3 des gaz monoatomiques, ... »

Cette déduction explique, d'autre part, ce fait que la chaleur moléculaire à volume constant d'un gaz monoatomique est *indépendante de la température*.

Ceci établi, nous aurons la chaleur spécifique à volume constant *de l'atome vrai* de ce corps hypothétique, en admettant que la loi d'Avogadro s'y applique encore, en divisant la quantité $|\sigma|_v = 2{,}66$ $\left(\text{sensiblement égale à } \frac{3}{2}\text{R}\right)$ par le nombre d'Avogadro $\text{N} = 60.10^{22}$.

Il en résulte

$$\frac{|\sigma|_v}{\text{N}} = \frac{2{,}66}{60.10^{22}} = 4{,}43 \times 10^{-24}\,\frac{\text{cal}}{\text{degré}}.$$

Il est intéressant de signaler que nous retrouvons les résultats de M. D. Berthelot ([1]) à partir d'un point d'appui *totalement* différent.

La chaleur spécifique ayant les mêmes dimensions que l'entropie, on pourra considérer la constante $4{,}43 \times 10^{-24}\,\frac{\text{cal}}{\text{degré}}$ comme étant l'atome d'entropie que nous appellerons *thermique*, avec M Berthelot, afin de le distinguer de son atome d'entropie radiante.

Si nous convenons d'assimiler l'émission électronique à la vaporisation, il faudra calculer l'entropie thermique relative à *l'électron*, à partir de la quantité $|\sigma|_p = 4{,}39$, valeur de la chaleur spécifique à pression constante de la matière au voisinage du zéro absolu et, *par extension*, *valeur limite du quotient de Trouton*.

Nous aurons, en désignant par μ la masse de l'électron qui est toujours, *quelle que soit la matière dont il provient*, 1800 fois plus petite que celle de l'atome unité :

$$\frac{|\sigma|_p}{\mu.\text{N}} = \frac{4{,}39}{1800 \times 60 \times 10^{22}} = 4{,}07 \times 10^{-27}\,\frac{\text{cal}}{\text{degré}} = \text{C}_j.$$

([1]) DANIEL BERTHELOT, *Sur l'aspect chimique de la théorie des quanta et la thermodynamique des réactions photochimiques* (*Bull. Soc. chim.*, t. 35, mars 1924, p. 241).

Nous sommes arrivés par conséquent à *la plus petite quantité d'entropie thermique possible*. Je proposerai pour la constante C_j, valeur de l'entropie électronique, le nom de *constante thermo-électronique*.

Cette généralisation faite, on pourrait écrire, en désignant par λ la chaleur de vaporisation de l'électron,

$$\frac{\lambda}{T} = C_j = 4,07 \times 10^{-27}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Révision de la compressibilité de l'oxyde de méthyle et poids moléculaire de ce gaz*. Note de M. T. **Batuecas**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Écart à la loi d'Avogadro. — De même que dans nos recherches précédentes le facteur $1 + \lambda$ du gaz oxyde de méthyle a été déterminé par la mesure directe de la compressibilité. L'appareil employé est du même type que celui construit à Genève (¹) en 1921, sauf quelques variantes, dont la plus importante est l'emploi de cinq ampoules au lieu de trois; ceci nous a permis non seulement de connaître beaucoup mieux l'allure de la courbe des compressibilités, mais aussi de pousser un peu plus loin dans le domaine des pressions faibles.

Les cinq ampoules, en verre épais, sont de forme sphérique, et non plus cylindrique et disposées sur une même ligne verticale; elles sont reliées entre elles par des tubes capillaires d'une longueur de 5^{cm} environ, et reliées aussi à la branche courte du baromètre-manomètre au moyen du même tube capillaire, long de 60^{cm} environ. Voici les volumes des cinq ampoules (²), déterminés par des calibrages au mercure à 0°, toutes corrections faites :

Numéro de l'ampoule	1.	2.	3.	4.	5.
Volume en centimètres cubes	66,367	33,785	31,962	75,606	72,147

Le baromètre-manomètre à deux branches (du même diamètre intérieur, calibré au mercure, $d = 15^{mm},7$) est également du type précédemment employé; la branche courte porte aussi une pointe de repère, de façon à laisser à la masse gazeuse en expérience un volume exactement connu. Le volume de l'*espace nuisible*, également calibré au mercure, est de $2^{cm^3},613$.

(¹) Voir Ph.-A. Guye et T. Batuecas, *J. Ch. phys.*, t. 21, 1923, p. 308.

(²) Ces volumes ont été choisis de façon à avoir les pressions de 1, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{4}$ atm environ.

Les mesures de pression ont été faites à l'aide d'un cathétomètre et d'un mètre étalon (tous deux étant d'excellents instruments construits par la « Société Génevoise »); les pressions ont été lues à $\pm 0^{mm},01$ près.

Finalement, une canalisation (toute en verre soudé et comportant deux tubes à pentoxyde de phosphore) relie l'appareil des compressibilités à ceux destinés à faire le vide, soit une pompe à mercure, type Sprengel, manœuvrée à la main et une pompe de diffusion à vapeur de mercure. Enfin, au moyen d'un joint plat, en verre rodé, et d'une pince de serrage, on peut fixer à l'appareil le ballon N-3; celui-ci étant plein d'oxyde de méthyle, dont la pureté avait été contrôlée au préalable par une mesure de densité, on peut rincer et remplir l'appareil avec du gaz tout à fait pur.

On opère à la température de la glace fondante et dans le moins de temps possible, ceci étant essentiel pour la réussite des expériences.

Pour les détails opératoires, la conduite d'une expérience et les calculs, nous renvoyons au travail plus étendu qui paraîtra sous peu et surtout au Mémoire, déjà cité, relatif aux gaz oxygène, hydrogène et anhydride carbonique. Remarquons seulement que pour représenter nos résultats on a utilisé la formule $(pv) = a - bp$ et que pour le calcul du facteur $1 + \lambda$ on a procédé à des extrapolations linéaires pour chaque paire de pressions, comme lors de nos recherches précédentes.

Nous allons donner les résultats des six séries ou remplissage. Sauf la dernière série, toutes les autres ont été faites avec de l'oxyde de méthyle préparé par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'alcool méthylique. Voici les résultats du premier remplissage :

p.	v.	pv.	$1+\lambda$.
716,57	68,889	49363,8	
			1,0271
484,47	102,735	49772,0	
			1,0242
370,51	134,636	49883,9	
			1,0228
238,09	210,303	50071,7	
			1,0210
177,42	282,380	50099,9	

Les cinq remplissages suivants, dont on trouvera le détail dans le Mémoire complet, ont été faits entre des pressions qui ont varié de 768^{mm} environ à 185^{mm} environ. Ils donnent des successions analogues pour les valeurs de $1 + \lambda$.

2e remplissage	1,0275	1,0255	1,0231	1,0222
3e »	1,0271	1,0240	1,0233	1,0223
4e »	1,0264	1,0253	1,0244	1,0220
5e »	1,0264	1,0260	1,0230	1,0226
6e »	1,0273	1,0256	1,0231	,0225

Le premier fait à relever est que, de même que dans nos recherches précédentes sur l'oxyde de méthyle, *la compressibilité, ou, ce qui revient au même, le facteur* $1+\lambda$, *diminuent d'une façon caractéristique quand la pression baisse*. Cette diminution est plus accentuée dans le cas actuel que lors de nos premières recherches.

Un autre fait à signaler tout particulièrement, est que si l'on prend pour le facteur $1+\lambda$ la moyenne des valeurs obtenues par extrapolation linéaire de l'intervalle correspondant aux deux pressions élevées (soit de 1 et $\frac{2}{3}$ atm. environ dans notre cas) on obtient pour l'écart à la loi d'Avogadro du gaz oxyde de méthyle la valeur

$$1+\lambda = 1,0270.$$

A l'aide de cette valeur et de celle que nous avons trouvée pour le poids du litre normal du même gaz [1], on calcule pour le poids moléculaire de l'oxyde de méthyle la valeur

$$M = \frac{22,414 \times 2,1097}{1,0270} = 46,044,$$

d'où, en retranchant $O = 16$ et $6H = 6,046$, on obtient pour le poids atomique du carbone la valeur

$$C = 11,999,$$

en parfait accord avec les meilleures déterminations physico-chimiques modernes. Ce résultat prouverait, à notre avis, que comme il a été dit depuis longtemps par M. D. Berthelot, la loi des densités limites est rigoureusement applicable dans tous les cas, pourvu qu'on tienne compte de la variation de la compressibilité avec la pression.

Les considérations suivantes montrent que c'est bien la valeur obtenue entre 1 et $\frac{2}{3}$ atm. qu'il convient de retenir ici. Sans vouloir hasarder d'explication définitive en l'absence d'expériences tout à fait concluantes, il nous semble que l'allure typique de la courbe des compressibilités pour un gaz aussi facilement condensable que l'oxyde de méthyle s'explique par l'adsorption du gaz par la surface du verre. Nous indiquerons simplement à ce propos que, lorsqu'on a changé d'appareil, les valeurs obtenues pour $1+\lambda$ ont varié, et encore le fait très remarquable que, en opérant par la méthode du ballon, M. G. Baume en 1908 a trouvé pour $1+\lambda$ une valeur qui se rapproche beaucoup de celle que nous venons de déterminer. Or la surface interne des ballons étant toujours la même, les actions qu'elle peut produire ne sauraient avoir aucune influence sur les résultats.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 440.

SISMOLOGIE. — *Sur le mouvement microséismique à Strasbourg.* Note de M. J. Lacoste.

On sait que les séismographes enregistrent en permanence un faible mouvement du sol appelé *agitation microséismique*. La cause de cette agitation a donné lieu à d'importants travaux qui, malgré leur nombre, n'ont pas encore fait le jour complet sur l'origine d'un tel mouvement.

J'ai essayé d'utiliser, pour cette étude, les variations de l'amplitude moyenne mensuelle du mouvement microséismique enregistré à Strasbourg pendant les années 1920, 1921, 1922. Portant en ordonnées ces amplitudes moyennes mensuelles, exprimées en *microns*, on obtient ainsi la courbe I (*fig.* 1).

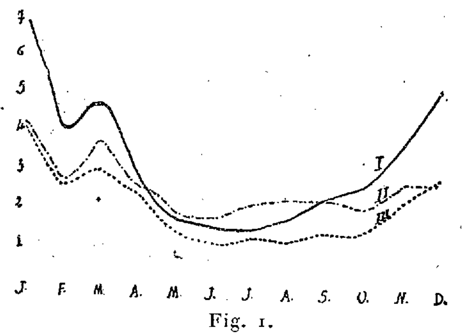


Fig. 1.

I. Courbe de variation du mouvement microséismique (1920-21-22).
II. — de ΔH.
III. — de ΔH × ΔV.

L'allure de cette courbe met en évidence le fait bien connu que le mouvement microséismique est bien plus important en hiver que pendant les autres saisons.

J'ai eu l'idée de comparer ces variations, et pour le même temps avec *la variabilité interdiurne moyenne mensuelle* de la pression atmosphérique (ΔH en millimètres). Cette variabilité moyenne pendant un mois quelconque est la moyenne des variabilités pendant les différents jours de ce mois. Portant en ordonnées ces variabilités, on est frappé du fait que la courbe ainsi obtenue, courbe II (*fig.* 1), présente une certaine similitude avec la courbe I.

On est ainsi amené à penser qu'il existe une certaine relation avec *la variabilité de la pression atmosphérique* et l'amplitude du mouvement microséismique.

Toutefois, certaines dissemblances entre les deux courbes, pour les mois d'été et d'automne, m'ont conduit à calculer aussi *la variabilité interdiurne moyenne mensuelle* de la vitesse du vent (ΔV en mètres). Faisant le produit $\Delta H \times \Delta V$ et portant pour chaque mois ce produit en ordonnée, à une certaine échelle, on obtient la courbe III qui présente une *similitude plus accusée* avec celle du mouvement microséismique. On peut donc penser que ce mouvement est en meilleur relation avec les *variabilités* combinées de la pression et de la vitesse du vent.

Afin de pénétrer plus avant dans la question, on peut calculer les *variations interhoraires diurnes*. On obtient ainsi un produit $\Delta H \times \Delta V$ pour chacun des différents mois, et ce produit peut être comparé avec le mouvement microséismique pendant les jours du même mois. J'ai tracé les différentes courbes pour plus de 20 mois et j'ai pu constater encore de *très grandes ressemblances mensuelles entre le produit* $\Delta H \times \Delta V$ *et l'amplitude du mouvement microséismique.*

Ce travail a montré cependant des dissemblances importantes que je tiens à signaler :

1° Au cours de l'hiver, les basses températures, la gelée, le verglas augmentent considérablement le mouvement et celui-ci s'écarte de la valeur du produit $\Delta H \times \Delta V$.

2° Pendant l'été, à la suite d'une grande sécheresse, le même phénomène se produit, mais moins prononcé.

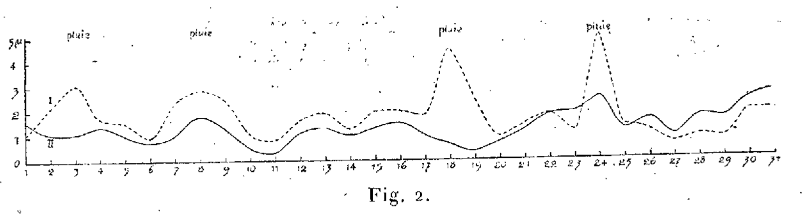


Fig. 2.

Courbe I. — Variations de $\Delta H \times \Delta V$ en juillet 1920.
II. — du mouvement microséismique.

3° Au contraire, la terre détrempée par la pluie semble moins bien transmettre le mouvement et le produit $\Delta H \times \Delta V$ devient alors beaucoup plus grand que le mouvement microséismique. La figure 2 montre ce fait au cours de juillet 1920.

4° On trouve encore d'autres dissemblances qui coïncident souvent avec des variations de périodes du mouvement. Il est certain qu'un grand nombre de facteurs contribuent à l'agitation de la Terre et il est bien difficile de les mettre tous en évidence dans l'état actuel de nos connaissances.

J'ai pu effectuer ces recherches en utilisant les données, publiées en détail, par le Bureau Central séismologique de Strasbourg et je me propose de les étendre aux différentes stations publiant simultanément les observations météorologiques et séismologiques et les variations détaillées de l'amplitude du mouvement microséismique.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur des fructifications de Ptéridospermées provenant du Westphalien du nord de la France.* Note de M. **Alfred Carpentier**, transmise par M. J. Costantin.

En 1911 et 1913 nous avons eu l'occasion de signaler l'association fréquente de petites graines (g. *Lagenospermum* Nathorst) et de microsporanges (g. *Telangium* Benson) avec le feuillage du *Sphenopteris obtusiloba* Brongniart (1). De longues recherches poursuivies sur le terrain nous amènent à revenir sur ce sujet, d'autant que le regretté Kidston a contesté l'attribution que nous proposions de ces graines et microsporanges au *Sph. obtusiloba* (2).

Durant ces dernières années on a poussé très loin l'analyse du groupe des *Sphenopteris obtusiloba-trifoliolata-nummularia*. M. Gothan a distingué du *Sph. obtusiloba* Brongt. le *Sph. striata* nov. sp. (= *Sph. obtusiloba* Zeiller in *Flore fossile du Bassin de Valenciennes* (3).

En juillet dernier nous avons remarqué la présence de schistes très riches en empreintes du *Sph. obtusiloba* Brongt. (4), à la fosse d'Haveluy des Mines d'Anzin (Nord); dans ces mêmes schistes nous avons recueilli de nombreuses petites graines, des cupules et des microsporanges. Les graines sont elliptiques, à testa lisse, mesurent $2^{mm},5$ de largeur maxima et de 5,5 à 6^{mm} de longueur, sont munies de six côtes accentuées et ressemblent bien à celles que N. Arber a décrites sous le nom de *Lagenostoma* (*Lagenospermum*)

---

(1) Cf. *Revue générale de Botanique*, t. 23, 1911, p. 3 et 12; pl. XII, pl. XV, sauf fig. 7; *Mém. Soc. géologique du Nord*, t. 7, 1913, II, p. 377-380, 391-393; pl. IX, fig. 1 et 2; pl. X, fig. 8-12.

(2) R. Kidston, *Fossil plants of the carboniferous rocks of Great Britain* (*Mem. Geological Survey Great Britain, Palæontology*, vol. 2, 1923, Part 1, p. 32).

(3) W. Gothan, *Die Oberschlesische Steinkohlenflora*, I (*Abhandl. d. Königlich Preussischen geolog. Lansdesanstalt.* N.F., 1913, Heft 75; S. 24, 25; Taf. 5, fig. 2; Taf. 6, fig. 3).

(4) Cf. Kidston, *op. cit.*, pl. III, fig. 2; pl. IV, fig. 4.

Kidstoni (¹). Les cupules à six lobes ont une base rétrécie; la surface des lobes est finement striée dans le sens de la longueur et paraît rugueuse par places, aspect dû à la présence probable de paquets fibreux dans l'épaisseur même de la paroi; le sommet des lobes est très aigu. Les microsporanges sont du genre *Telangium* Benson, emend. Nathorst (²), réunis en synangiums de 4 à 5 et longs de 2,5 à 3^{mm}.

Nous avons aussi examiné en détail des schistes remarquables par le grand nombre d'empreintes du *Sphenopteris striata* Gothan, sur les déblais de la fosse n° 6 des Mines de Nœux (Pas-de-Calais). Comme en 1912 nous avons retrouvé sur certaines plaques schisteuses le *Sph. striata* et le *Telangium* et sur d'autres surfaces le même *Sphenoteris* et des cupules à six lobes aigus, à surface granulaire, finement striée. Plusieurs graines encore contenues dans leurs cupules montrent un tégument finement et régulièrement ponctué, identique à celui de *Lagenospermum Kidstoni* Arber(³). Les groupes de microsporanges sont parfois rapprochés en inflorescences denses, comme nous l'avons déjà observé pour le *Telangium* du *Sph. striata*, provenant des Mines de Marles (Pas-de-Calais) (⁴); les rachis de ces inflorescences sont flexueux et identiques à ceux qui portent les folioles stériles; l'épiderme finement strié des microsporanges et des cupules est identique à celui qui revêt les pinnules du *Sph. striata*.

Notre conclusion, après l'étude détaillée d'un abondant matériel, est favorable à l'attribution de certains *Lagenospermum* (*L. Kidstoni*) et *Telangium* au *Sphenopteris striata* Goth., que R. Kidston considérait comme un état spécial de conservation du *Sph. obtusiloba* Brongt (⁵).

Nous signalons également à la fosse d'Haveluy (Nord) des empreintes du *Sphenopteris* (*Crossotheca*) *Schatzlarensis* Stur sp. Les graines ou cupules séminifères de la plante, qui portait ces microsporanges de genre *Crossotheca*, sont jusqu'ici inconnues. Il n'est cependant pas sans intérêt de souligner l'importance de la découverte de Kidston, qui a donné la preuve que les fructifications du genre *Zeilleria* étaient en réalité de petites cupules sémi-

---

(¹) N. Arber, *On some new species of Lagenostoma...* (*Proc. of the Royal Society*, S. B., vol. 27, 1905, p. 247-251; pl. I et pl. II, fig. 1-6).

(²) A. G. Nathorst, *Nachträge zur Paläozoischen Flora Spitzbergens* (*Zur fossilen Flora der Polarländer*, I, IV Lief., S. 20-21; Stockholm, 1914).

(³) N. Arber, *op. cit.*, 1905, p. 248; pl. II, fig. 1 et 6.

(⁴) *Mém. Soc. géol. du Nord*, t. 7, II; pl. IX, fig. 1 et 2.

(⁵) R. Kidston, *loc. cit.*, p. 31.

nifères (¹). Certain *Sphenopteris*, très voisin du *Sph. Schatzlarensis*, trouvé à la fosse n° 8 des mines de Béthune (Pas-de-Calais), a le même port, la même découpure de frondes que le *Sph.* (*Crossotheca*) *Schatzlarensis*; ses fructifications sont du type *Zeilleria* Kidston; cette espèce ou forme est à placer près du *Sph.* (*Zeilleria*) *Frenzli* Stur sp., mais plus robuste dans toutes ses parties (²).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les réactions colorées des facteurs liposolubles.* Note de M. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

En 1921 (³), indiquant une réaction bleue des liquides antiscorbutiques en présence d'un acide phosphomolybdotungstique, j'ai supposé qu'elle était due non au principe C, mais à un dérivé instable dégagé par lui. Cette supposition concorde avec le fait qu'un long chauffage d'un liquide antiscorbutique diminue la réaction colorée alors qu'un court chauffage de 1 à 10° au bain-marie l'intensifie. Il semble que, pendant un tel chauffage, la quantité de dérivé instable formé dépasse celle détruite. Il apparaît que l'intensification d'une réaction colorée de ce type, pendant la destruction d'une vitamine par le chauffage, se manifeste bien plus nettement avec le facteur antirachitique. Comme pour le principe C, le réactif employé est préparé avec l'acide cristallisé dont la pureté (⁴) a été vérifiée. Avec ce réactif, il semble possible d'identifier le facteur antirachitique à l'aide d'une réaction orange et le facteur A par une réaction bleue. Cette dernière ne peut être confondue avec celle du facteur C insoluble dans les graisses.

On opéra sur de l'huile de foie de morue conservée 2 ans et sur de l'huile fraîche de même provenance, de mêmes odeur et couleur. Diluées au tiers par le benzène, elles furent émulsionnées avec le réactif (12 gouttes pour 3^{cm^3} du mélange). Après séparation des couches huileuses et aqueuses, on constata une forte coloration jaune orange dans l'huile conservée 2 ans; et son absence dans l'huile fraîche. Par contre, la couche aqueuse était bleu violet intense dans l'huile fraîche et à peine grisâtre dans l'huile ancienne. Ensuite, on opéra avec ces mêmes huiles, mais chauffées au préalable en

(¹) R. Kidston, *Mém. Musée royal Histoire naturelle Belgique*, t. 4, 1909, p. 45, et *Trans. Royal Soc. Edinburgh*, vol. 50, 1914, Part 1, p. 92.

(²) Cf. *Ann. Soc. géol. du Nord*, 1914, p. 307-308, note 2; pl. IV, fig. 1-5; pl. V, fig. 1.

(³) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 916, et *Bull. Soc. chim. Biol.*, t. 4, n° 2, 1922, p. 83.

(⁴) *Bioch. J.*, t. 17, 1923, p. 420, et t. 18, 1924, p. 384.

tubes à essais (5$^{cm^3}$ d'huile par tube) à 115° au bain d'huile, pendant 4 et 18 heures. De plus, l'huile fraîche fut chauffée 6-7-25 heures. Le chauffage prolongé provoque l'intensification de la coloration jaune et la diminution de la coloration bleue.

Notons que la coloration jaune orange, très stable, est toujours typique; par contre, la réaction bleue n'est caractéristique que dans les dix premières minutes. L'intensité de la coloration de la couche huileuse ne peut être appréciée qu'approximativement, car la nuance de la coloration varie avec le temps de chauffe : rose dans l'huile fraîche chauffée un petit nombre d'heures, grenat, orange et finalement jaune pour des chauffages très prolongés. Ceci est lié à une très faible solubilité du pigment bleu dans la couche huileuse. Les intensités de coloration de la couche huileuse, mesurées sous cette réserve, étaient : huile nouvelle, 25 heures : 150; 18 heures : 100; 7 heures : 25; 5 heures : 14,6; 4 heures : 13,6; huile ancienne : 18 et 5 heures : 100; non chauffée : 52,6. On détermina le temps de chauffe donnant une intensité orange maximum en opérant sur des portions de 5$^{cm^3}$ d'huile nouvelle chauffée dans des beckers de 33^{mm} de diamètre pendant 25, 30, 40, 45 heures, à 115°.

Mesuré immédiatement, le maximum d'intensité correspondait à 30 heures; mesuré 14 heures après, les intensités des 40 et 45 heures sont égales et maximums.

On remarquera que dans les expériences sur rats de Mc Collum (1922), l'huile, chauffée 20 heures à 100° et soumise à un barbotage par l'air, conserve au moins la moitié de sa richesse en facteur antirachitique. L'oxydation par l'air contribue également à intensifier la réaction orange. 5$^{cm^3}$ d'huile chauffée 5 heures en fioles coniques de 50$^{cm^3}$ donnèrent une réaction jaune sept fois plus forte que cette même quantité chauffée en tubes à essais. L'influence de l'air se manifeste aussi à la température ordinaire. On préleva sur deux flacons d'huile de même provenance, l'une fraîche, l'autre conservée un mois, des échantillons qu'on étala sur plaques de Petri. Après 28 jours, on mesura la réaction des quatre échantillons conservés en flacons et sur plaques. Huile en flacon : fraîche, 10; conservée, 13; huile sur plaque : fraîche 13; conservée, 18. Plus nettes encore furent les données communiquées par M. A. Woskresenski. Mesurée immédiatement après l'épreuve au réactif, l'intensité de la coloration orange d'une huile conservée en bouteille est de 1; conservée 7 jours en mince couche, 50. 20 heures après l'épreuve au réactif, les intensités étaient respectivement 45 et 140. Par contre, un traitement à froid de l'huile par le permanganate de potasse diminue l'intensité de la réaction orange.

La grande efficacité antirachitique des jaunes d'œuf fut démontrée par Casparis (1923), Howland (1923). Des jaunes d'œuf frais séchés dans un courant d'air et 4 heures à 115°, puis extraits au benzène, donnèrent avec le réactif une coloration jaune orange très prononcée. Mêmes constatations avec la poudre de jaune d'œuf commerciale. On sait que le beurre est pauvre

en facteurs liposolubles et même qu'il en est souvent dépourvu. 32 échantillons de beurre, presque tous commerciaux, furent extraits au benzène : 20^{g} de beurre pour 20^{cm^3} de benzène. Après un chauffage du beurre à 107°, on put observer dans 10 cas, 24 heures après l'épreuve au réactif, une coloration de la couche graisseuse du mélange (solution benzolique + réactif). Coloration rose faible pour un chauffage de 1 heure et demie à 4 heures et jaune pâle dans 2 cas après 10 heures de chauffe. A une exception près, les mêmes beurres non chauffés donnèrent une coloration bleue immédiate dans la couche aqueuse du mélange. Les réactions colorées les plus intenses furent obtenues avec un beurre pris chez un fermier normand. La réaction colorée de ce beurre n'était environ que 40 fois plus faible que celle de l'huile de foie de morue. Ce beurre étalé en mince couche et conservé 2 jours à 12°C. ne donnait plus de réaction. Enfin, furent éprouvées de la même manière que l'huile de foie de morue, les huiles d'olive, d'arachide et le saindoux, tous dépourvus de facteurs liposolubles. Ils ne donnèrent aucune réaction dans la couche graisseuse; dans la couche aqueuse, une faible coloration bleue immédiate parut seulement dans l'huile d'olive non chauffée.

L'ensemble de ces données paraît indiquer que la réaction orange du mélange (solution benzolique du corps graisseux éprouvé + réactif) correspond à la présence d'un dérivé du principe antirachitique, dérivé qui se forme toujours plus abondamment sous l'influence du chauffage prolongé et de l'oxydation par l'air. Une corrélation entre la réaction de la couche aqueuse et le facteur liposoluble A semble également exister, mais est moins évidente.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Possibilité de la transmission de la loque pernicieuse du couvain des abeilles par les chenilles de la fausse teigne* (Galleria mellonella *L.*). Note de M. **F. Vincens**, présentée par MM. Mangin et E.-L. Bouvier.

La plus grave des maladies des abeilles dont la cause soit connue est la loque pernicieuse, plus généralement connue sous le nom de loque américaine quoiqu'elle se montre à peu près dans tous les pays du monde où les abeilles sont élevées. La cause de cette maladie est une infection microbienne des larves, due au *Bacillus larvæ* White. Les larves mortes se transforment en une masse brune, molle et visqueuse, que les abeilles ne peuvent extraire de la cellule, au fond de laquelle elle se réduit, en se dessé-

chant, en une pellicule brune se confondant avec les débris organiques et l'enveloppe soyeuse laissés par les larves précédentes au moment des mues et de la nymphose. Cette pellicule, qui renferme une multitude de spores du *B. larvæ*, se ramollit plus tard au contact du miel, du pollen humide ou de la bouillie larvaire que les abeilles viennent déposer dans la cellule et qui se trouvent ainsi contaminés. Ainsi s'explique le mode de propagation de la maladie, que ce soit dans la ruche même, par les abeilles nourricières, que ce soit dans une région donnée, grâce au pillage des ruches contaminées par les abeilles de ruches encore saines, que ce soit de région à région, par les apiculteurs eux-mêmes, donnant comme nourriture à leurs abeilles du miel provenant d'une région où sévit la maladie.

En ce qui concerne la propagation sur place, il est probable que l'on doit aussi parfois incriminer les parasites animaux émigrant d'une ruche à l'autre, ainsi que permettent de le supposer quelques observations faites cette année à la Station de recherches apicoles de Cagnes, sur les chenilles de la fausse teigne (*G. mellonella* L.) qui dévorent les vieux rayons à couvain.

C'est un fait connu que les ravages de la fausse teigne succèdent immanquablement à ceux de la loque pernicieuse. Celle-ci réduisant sensiblement la population de la ruche, population qui peut même disparaître entièrement pendant l'hiver, la fausse teigne trouve, pour sa nourriture, d'autant plus de rayons abandonnés que la maladie a sévi davantage. Or on sait que la cire ne constitue pas un aliment suffisant pour les chenilles de *G. mellonella* et que l'élément azoté leur est fourni par les débris organiques laissés au fond des cellules par les larves d'abeilles. Lorsque la loque a sévi dans une ruche, les cadavres desséchés des larves mortes s'ajoutent à ces débris et l'on doit alors se demander ce que deviennent en traversant le tube digestif des chenilles de *Galleria* les innombrables spores de *B. larvæ* qu'elles absorbent en même temps que leur nourriture.

Ces spores se retrouvent si abondamment dans les déjections des chenilles qu'un simple examen microscopique permet d'en déceler la présence. De plus, des cultures de *B. larvæ* peuvent être facilement obtenues en semant ces déjections sur des milieux appropriés (bouillon de larves d'abeilles gélosé et milieu de White, au jaune d'œuf).

D'autre part, des chenilles de *G. mellonella* ont été nourries avec des fragments de rayons choisis dans le couvain contaminé. La mortalité s'est montrée aussi faible chez ces chenilles que chez les témoins nourris avec de vieux rayons non contaminés. De plus, la mortalité a encore été très faible chez des chenilles dans la cavité générale desquelles avaient été injectées

quelques gouttes de solution physiologique renfermant, en suspension, des bacilles ou des spores provenant de cultures pures ou de larves d'abeilles mortes de la maladie.

Les chenilles de *G. mellonella* jouissent donc d'une certaine immunité vis-à-vis du *B. larvæ*. Elles peuvent par suite absorber impunément des cadavres desséchés de larves d'abeilles tuées par ce bacille, dont les spores se retrouvent vivantes dans leurs excréments.

Ces faits n'auraient rien d'inquiétant si les chenilles de *G. mellonella* passaient toute leur existence dans une même ruche. La possibilité de propagation de la loque par cet insecte ne serait alors à envisager que s'il était démontré que des bacilles absorbés par les chenilles peuvent passer vivants dans les œufs ou les déjections des papillons qui en proviennent. Les recherches faites en vue de savoir s'il en est ainsi n'ont encore donné que des résultats insuffisamment précis pour qu'il me soit permis de rien affirmer sur ce point, dans quelque sens que ce soit, mais il n'est pas douteux que des chenilles de la fausse-teigne émigrent d'une ruche à une autre, ainsi que j'ai pu le constater dans les circonstances suivantes :

Des fragments de rayons sur lesquels pullulaient les chenilles de la fausse-teigne avaient été provisoirement placés dans une caisse au milieu d'une grande pièce vide, en attendant des récipients convenables pour l'élevage de ces insectes. Sur le sol de la même pièce, étaient déposées tous les soirs des ruchettes exposées pendant le jour sur le rebord des fenêtres. Or, des chenilles de *G. mellonella* déjà bien développées furent trouvées dans ces ruchettes, sur des rayons qui y avaient été mis intacts quelques jours plus tôt. Des observations faites dans la suite, dans les premières heures de la nuit, me montrèrent de nombreuses chenilles qui émigraient de leur caisse d'élevage vers les ruchettes réparties sur le sol autour d'elle. Il ne s'agissait pas là uniquement de chenilles ayant atteint tout leur développement et cherchant un abri pour subir la nymphose, mais aussi de jeunes chenilles abandonnant des rayons trop peuplés.

En résumé, des observations brièvement exposées ci-dessus il est à retenir :

1° Que les chenilles de *Galleria mellonella* consomment sans danger pour elles les cadavres desséchés des larves d'abeilles tuées par le *Bacillus larvæ*;

2° Que les spores de *B. larvæ* se retrouvent innombrables et vivantes dans les déjections des chenilles de *G. mellonella* ayant consommé des rayons contaminés;

3° Que les chenilles de *G. mellonella* émigrent d'une ruche à l'autre et

qu'elles peuvent ainsi transporter les germes vivants de la « loque pernicieuse » d'une ruche dépeuplée par cette maladie vers les ruches saines voisines.

CHIMIE PHYSIQUE PATHOLOGIQUE. — *Sur quelques variations physico-chimiques du plasma au cours des états spasmophiles chez l'enfant.* Note [1] de MM. **E. Lesné**, **R. Turpin** et **Ch.-O. Guillaumin**, transmise par M. Widal.

On sait que l'équilibre entre les acides et bases du milieu intérieur, représenté par la concentration en ions acides H^+, ou P_H, est une valeur remarquablement fixe chez les organismes supérieurs, cette fixité étant assurée par un système de régulateurs soit physiologiques et extra-sanguins où divers mécanismes entrent en jeu, soit chimiques et tenant à la constitution même du sang; les plus importants de ces derniers, appelés « tampons », sont l'hémoglobine, et les bicarbonates.

D'après les travaux de Ringer, Locke, Jacques Loeb, Hamburger, etc., on sait de plus que certaines propriétés de la cellule vivante sont dépendantes de la concentration dans le milieu intérieur, des divers ions métalliques antagonistes. On a particulièrement étudié la relation entre l'ion calcium et l'excitabilité et la perméabilité cellulaires. Mais si dans des solutions artificielles diluées, on peut confondre l'ion Ca et la totalité du Ca présent, il n'en est plus de même dans le plasma sanguin où le Ca ionisé, cependant seul actif, ne représente qu'environ le cinquième du Ca total.

Or Rona et Takahashi ont constaté sur des solutions salines que le taux des ions $Ca^{\cdot\cdot}$ n'y est pas fonction du Ca total, mais de la concentration en ions H^+ d'une part, et de celle des bicarbonates présents de l'autre, d'après la relation $Ca = K\frac{(H)}{(Co^3H)}$. Brinkman et Van Dam, en d'élégantes vérifications, ont montré que la formule s'appliquait au plasma sanguin, K prenant la valeur 350.

On conçoit donc pourquoi, dans une étude sur certains états spasmophiles chez le nourrisson ou dans la première enfance, nous avons fait porter nos recherches sur ces divers facteurs, sans nous préocuper du Ca total.

Expérimentalement l'étude du $Ca^{\cdot\cdot}$ ionisé comporte la mesure, sur un échantillon de sang prélevé et examiné entièrement à l'abri de l'air :

---

[1] Séance du 16 juillet 1924.

1° De la concentration en ions H^+ du plasma, effectuée par la méthode chromoscopique de Cullen ; cette concentration a pour valeur, chez l'enfant comme chez l'adulte, à 38°, $P_H = 7,32$ à $7,39$.

2° Du taux des bicarbonates de ce même plasma, obtenu par la technique gazométrique de Van Slyke et qui oscille chez l'enfant (nourrisson ou première enfance) d'après nos recherches, de 48 à 52 volumes de CO^2, à 0°/760^{mm}, pour 100. On calcule de là le taux du $Ca^{\cdot\cdot}$ ionisé.

Comme l'a indiqué Bigwood [1], ce taux varie chez l'adulte de 22 à 28^{mg} de $Ca^{\cdot\cdot}$ par litre.

Voici les résultats obtenus chez 18 enfants (nourrissons ou première enfance) en état de spasmophilie ou de tétanie.

Dans tous les cas de spasmophilie latente, sans poussée fébrile, nous avons constaté une valeur élevée du P_H oscillant entre 7,40 et 7,50 à 38°. Pour l'ensemble de ces enfants, le taux moyen du calcium ionisé du plasma est de 20^{mg},7 par litre, chiffre correspondant aux valeurs moyennes des P_H (7,44) et du CO^2 combiné (54^{vol},5 pour 100), démontrant que dans la spasmophilie il y a de l'*alcalose*.

Plus démonstrative apparaît cette étude dans les accès de tétanie, déclenchés par une cause intercurrente. Chaque fois nous avons noté un parallélisme complet entre les manifestations cliniques et les modifications physico-chimiques du plasma. Entre autres, dans un accès de tétanie déclenché par une rougeole, encore à sa période d'incubation, le P_H à 38°, la teneur en bicarbonates du plasma vrai, et le taux du calcium ionisé s'exprimaient par les chiffres : 7,53 ; 46,9 ; 19,7.

Durant la convalescence l'accès de tétanie disparu, ces valeurs étaient redevenues normales.

L'étude des mêmes caractères physico-chimiques du plasma, au cours de différents états pathologiques, nous a permis de constater que l'équilibre acides-bases et le calcium ionisé étaient normaux, ou même traduisaient une certaine acidose, au cours des réactions convulsives de méningopathies syphilitique ou méningococcique.

Dans l'ensemble, dans la spasmophilie latente, apyrétique, la valeur du P_H est élevée, celle du calcium ionisé faible, et il n'existe pas de parallélisme entre le P_H du plasma et sa teneur en bicarbonates (du plasma vrai).

Les modifications physico-chimiques de la spasmophilie sont encore plus précises au cours des accès de tétanie, déclenchés par une cause inter-

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 118.

currente : les manifestations cliniques varient alors parallèlement aux modifications plasmatiques.

Ces constatations analogues dans l'ensemble à celles qu'exposait récemment Bigwood, pour l'épilepsie, permettent de ranger la spasmophilie latente et la tétanie dans le groupe des états pathologiques, s'accompagnant d'une modification de l'équilibre acides-bases, dans le sens de l'*alcalose*, par rupture de la régulation neutralisatrice.

CYTOLOGIE. — *Essais microchimiques sur les granulations des leucocytes éosinophiles de l'homme*. Note [1] de M. **Marc Romieu**, présentée par M. Widal.

La composition chimique des granulations des leucocytes éosinophiles de l'homme est encore mal connue et les résultats des auteurs, portant le plus souvent sur d'autres mammifères ou sur les vertébrés inférieurs, sont parfois contradictoires, en particulier en ce qui concerne la présence du phosphore et du fer.

La nature protéique des granulations éosinophiles soupçonnée par Ehrlich, semble aujourd'hui probable si l'on se base sur les données de l'histologie comparée. Sans tenir compte de l'observation de Weiss qui a employé la réaction de Reichl, qu'on sait n'être pas absolument caractéristique des albuminoïdes, on peut citer celle de Siawcillo [2] qui, sur les granulations oxyphiles de la raie, a obtenu la réaction xanthoprotéique et celle de Millon. Mais ce sont surtout les résultats de Petry [3] et de Marcel Prenant [4] qui doivent être retenus, ces auteurs ayant pu, sur les granulations éosinophiles du cheval isolées par un moyen élégant, obtenir *in vitro* plusieurs réactions des substances protéiques.

Toutefois leurs conclusions diffèrent sur la présence du phosphore qui serait absent pour le premier auteur et au contraire existerait sous une forme organique pour le deuxième.

A cause de cette incertitude il nous a paru intéressant d'appliquer aux leucocytes éosinophiles de l'homme quelques réactions microchimiques.

(1) Séance du 16 juillet 1924.

(2) Siawcillo, *Ann. Inst. Pasteur*, t. 9, 1895, p. 289.

(3) Petry, *Wien. Klin. Wochenschr.*, 1908, et *Biochem. Zeisch.*, t. 38, 1922, p. 98.

(4) M. Prenant, *Archives de Morph. gén. et exp.*, fasc. 5, 1922, p. 129-136, et *Thèses Sciences*, Paris.

Nous nous sommes servi comme matériel d'étude de frottis obtenus avec la sérosité des bulles de la dermatose de Duhring, très riche en éosinophiles et aussi, comme nous l'avons montré (¹), en cristaux de Charcot. Nous avons utilisé également des coupes d'un polype nasopharyngien où les éosinophiles étaient très abondants.

En ce qui concerne le phosphore nous avons employé la réaction nitromolybdique de Macallum. Les frottis et les coupes furent traités pendant 24 heures par le réactif nitromolybdique, puis lavés à l'eau distillée et plongés pendant quelques minutes dans la solution réductrice. Nous avons pu obtenir, de cette façon, une coloration élective des granulations éosinophiles sans coloration des noyaux. Un démasquage assez prolongé étant nécessaire, il semble logique d'en conclure que le phosphore existe dans cette granulation sous une forme organique, ce qui confirme par une autre méthode et sur un autre objet les résultats obtenus par Marcel Prenant (²) sur les éosinophiles du cheval et ceux de Sherrington (³) sur les éosinophiles du chat et du lapin. Mais ce dernier auteur avait utilisé la méthode de Lilienfeld et Monti, critiquée à juste titre par des chimistes comme Heine, Maillard, Bensley et Arcangeli.

A en juger par la coloration obtenue dans des conditions identiques, la richesse en phosphore des granulations éosinophiles nous a paru notablement plus grande que celle du stroma des hématies, ce qui est peu compatible avec la conception de Weidenreich sur l'origine des granulations éosinophiles.

De plus, le phosphore étant décelable dans la granulation éosinophile avant de l'être dans les noyaux, on peut admettre qu'il se trouve dans cette granulation moins fortement combiné que dans les nucléoprotéides. Ayant pu obtenir la réaction xanthoprotéique et celle de Millon, il nous paraît vraisemblable de conclure que les granulations éosinophiles de l'homme sont formées d'une albumine phosphorée comparable à la vitelline.

Pour le fer, les résultats des auteurs sont contradictoires. Les uns, comme Freiberg, Barker, Przewosky, auraient pu le déceler par les méthodes microchimiques; d'autres, comme Askanazy, Jolly, n'auraient pu y parvenir.

Nous avons utilisé la méthode au sulfhydrate d'ammoniaque selon la

---

(¹) Romieu, *C. R. Soc. de Biologie*, t. 89, 1923, p. 1192.
(²) Prenant, *loc. cit.*
(³) Sherrington, *Proc. Roy. Soc. London*, t. 55, 1904, p. 224.

technique de Macallum, la méthode du bleu de Prusse telle qu'elle a été réglée par A. Prenant et Aswadourova, ainsi que celle à l'hématoxyline.

La première nous a donné un résultat négatif, même après 15 jours dans l'étuve à 52°. Malgré l'emploi des méthodes de démasquage les plus énergiques, la deuxième ne nous a rien donné non plus. Il en a été de même de la troisième. Le résultat de Barker (¹) nous paraît discutable. Nous avons pu en effet obtenir par le sulfhydrate d'ammoniaque la teinte gris jaunâtre dont parle cet auteur, mais nous avons remarqué qu'elle disparaît par un lavage à l'eau. Nous la considérons comme due à un dépôt de soufre d'une grande finesse au contact des granulations. Nous pouvons conclure de ces résultats négatifs que le fer ne peut être décelé par les méthodes microchimiques dans la granulation éosinophile de l'homme, mais qu'il y existe peut-être sous une forme masquée comme peuvent le faire penser les résultats de Petry et de M. Prenant.

Nos essais nous ont permis de reconnaître la présence du phosphore dans les cristaux de Charcot, fréquemment en relation avec les éosinophiles (²) et dont la composition chimique est encore hypothétique et n'a été déduite par Poehl que de considérations cristallographiques.

Nous pouvons donc conclure des faits relatés ci-dessus que les granulations éosinophiles de l'homme contiennent du phosphore et donnent les réactions des substances protéiques. Elles seraient formées d'une albumine phosphorée plutôt que d'une nucléo-albumine. Le phosphore semble y être plus abondant que dans le stroma des hématies. Le fer ne peut y être décelé par les méthodes microchimiques. Enfin, le phosphore entre dans la constitution des cristaux de Charcot dont la nature chimique est encore discutée.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

E. P.

(¹) Barker, *John Hopkins Hosp. Bull.*, t. 5, 1894, p. 75.
(²) Romieu, *loc. cit.*

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LE DEUXIÈME TRIMESTRE 1924 QUI N'ONT PAS ÉTÉ MENTIONNÉES SUR LA LISTE DU PREMIER TRIMESTRE. (*Suite.*)

Carnegie endowment for international peace (*Division of intercourse and education*). Washington.
Carnegie Institution of Washington (*Publications*). Washington.
Carte photographique du Ciel. Paris, Uccle, San Fernando, etc.
Casopis ceskoslovenske spolecnosti entomologicke. Prague.
Catalogue des écrits académiques suisses. Bâle.
Catalogue des thèses et écrits académiques. Paris.
Census of India 1921. Allahabad, Rangoōn, Calcutta, etc.
Chemist and druggist. London.
Collection Payot. Paris.
Comité national d'études sociales et politiques (*Conférences*). Paris.
Compte-rendu des séances du Conseil d'hygiène publique et de salubrité. Paris.
Compte-rendu sommaire des séances de la Société géologique de France. Paris.
Comptes-rendus du Congrès des sociétés savantes de Paris et des départements. Paris.
Conseil supérieur du Travail (*Sessions et publications*). Paris.
Contributions from the Mount Wilson Observatory. Washington.

Écho du Mexique (*L'*). Paris.
Ekonomisk Tidskrift. Stockholm.
Enseignement mathématique (*L'*). Genève.
Études des gîtes minéraux de la France. Paris.

Fennia. Helsingfors.
Field Museum of natural History (*Leaflet*). Chicago.

Geofysiske publikationer. Kristiania.
Geological literature. London.
Geological Survey of Nigeria. London.
Geologische spezialkarte von Baden. Heidelberg.
Glas serpsce cragebsce Academie. Belgrade.
Goeteborgs kungliga vetenskaps och vitterhets Samhaelles handlingar. Goeteborg.
Guaranty news. New-York.

Hespéris. Paris.

Illuminating Engineer. London.
Independent day numbers at the royal Observatory cape of Good Hope. London.
Institut Lannelongue d'hygiène sociale (*Notes et mémoires*). Paris.
Institution of aeronautical engineers (*Minutes of proceedings*). London.
Institution of civil engineers (*Sessional notices*). London.
Institution of mechanical engineers (*Proceedings*). London.
Instructions nautiques. Paris.

Journal de Chimie physique. Paris.
Journal de Mathématiques pures et appliquées. Paris.
Journal des Observateurs. Marseille.
Journal of the american oriental Society. New-Haven.
Journal of the indian mathematical Club. Madras.
Journal of the royal microscopical Society. London.

Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut. Utrecht.
Kungliga Sjockarteverket Jordmagnetiska publikationer. Stockholm.

Liste des stations de signaux radiotélégraphiques. Paris.
Lux. Paris.

Marche (*La*) *de France*. Paris.
Mededeelingen van het algemeen proefstation voor den Landbouw. Batavia.
Mededeelingen van het Instituut voor plantenziekten. Buitenzorg.
Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Dijon. Dijon.
Mémoires de la Faculté des sciences de l'Université de Lithuanie. Kaunas.
Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle. Genève.
Mémoires de la Société des sciences naturelles du Maroc. Rabat.
Mémoires de la Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse. Limoges.
Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles. Zurich.
Mémoires de la Société royale de géographie d'Égypte. Le Caire.
Mémoires de la Société vaudoise des sciences naturelles. Lausanne.
Mémoires du Service géologique de l'Indochine. Hanoï.
Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. Paris.
Memoirs of the College of Science. Kyoto.
Memoirs of the geological Survey of India. Calcutta.
Memorias de la Real Sociedad española de historia natural. Madrid.
Memorie del reale Istituto veneto di scienze, lettere ed arti. Venezia.
Memorie della Reale Accademia di scienze, lettere ed arti in Modena. Modena.
Meteorological Observations [*Colonies et Dominions*]. Colombo, Suva, Hongkong, Zomba, etc.
Meteorological Office (*Professional notes*). London.
Michigan public health. Lansing.

Missouri Bureau of Geology and mines. Rolla.
Mitteilungen der geologischen Landesanstalt von Elsass-Lothringen. Strasbourg.
Museum of Zoology (Miscellaneous publications). Michigan.

Natuurkundig tijdschrift voor nederlandsch-Indie. S'Gravenhage.
Nautical Almanac. London.
Notas y resumenes. Instituto español de oceanografia. Madrid.
Nouvelles Archives des missions scientifiques et littéraires. Paris.
Nuovo Cimento. Bologne.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice. Genève.
Office central de faunistique. Faune de France. Paris.
Office scientifique et technique des pêches maritimes (Notes et mémoires). Paris.
Onderzoekingen gedaan in het laboratorium voor physiologische Scheikunde. Utrecht.
Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium. Utrecht.

Pharmacia. Tallinn [Reval].
Philosophical Transactions of the Royal Society of London. London.
Princeton University Catalogue. Princeton.
Proceedings of the american Academy of arts and sciences. Boston.
Proceedings of the Birmingham natural history and philosophical Society. Birmingham.
Proceedings of the Cambridge philosophical Society. Cambridge.
Proceedings of the Congress of russian zoologists, anatomists and histologists. Petrograd.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Stekloff** et **Kryloff**, membres de l'Académie des Sciences de Pétrograd, qui assistent à la séance.

M. **Andoyer** s'exprime en ces termes :

Je voudrais revenir un instant sur une Note de presse, conçue en termes ambigus, annonçant la découverte d'un cinquième satellite de Jupiter et la détermination de son orbite par M. James Robertson. Il y a tout lieu de croire que voici la vérité à ce sujet :

M. J. Robertson, qui appartient à la rédaction de l'*American Ephemeris*, à Washington, a en effet communiqué dans le numéro du 28 août de l'*Astronomical Journal*, une nouvelle détermination de l'orbite du cinquième satellite de Jupiter, découvert par E.-E. Barnard le 9 septembre 1892, à Mount-Hamilton. Cette nouvelle détermination est basée sur 1294 observations faites par Barnard aux observatoires Lick et Yerkes. La question avait d'ailleurs été étudiée déjà par M. Robertson lui-même en 1893, par F. Tisserand en 1894 et par F. Cohn en 1896.

Je rappelle que ce cinquième satellite, visible seulement dans les instruments les plus puissants, accomplit sa révolution autour de la planète en un peu moins de 12 heures dans une orbite presque circulaire, et dans le sens direct; le mouvement du périjove est d'environ $2^\circ,5$ par jour.

M. G. Urbain fait hommage à l'Académie de deux ouvrages qu'il vient de publier sous les titres : *L'Énergétique des réactions chimiques* et *Le tombeau d'Aristoxène. Essai sur la musique.*

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un médecin philosophe. Charles Bouchard, son œuvre et son temps (1837-1915), par Paul Le Gendre. (Présenté par M. E. Quénu.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Les développables cyclifiantes d'une courbe et leur application à la théorie des courbes tracées sur une surface.* Note de Mme Sylvie Creanga, présentée par M. Appell.

1. Molins [1] a trouvé deux surfaces développables, qui par développement transforment une courbe Γ en un cercle, engendrées par un plan P qui, 1° passe par la tangente de la courbe et 2° fait avec son plan osculateur un angle déterminé par la formule $\frac{\cos i}{\rho} = \frac{1}{R}$ (ρ, R : le rayon de courbure de la courbe, le rayon du cercle). On peut trouver une infinité de surfaces développables, qui conduisent au même résultat. On peut les nommer *cyclifiantes.* Pour cela on remplace la condition 1° de Molins par une autre et l'on considère les surfaces enveloppées par un plan P, dit *cyclifiant,* qui passe par un point M de la courbe, et dont les paramètres sont des fonctions du paramètre qui détermine la position du point sur la courbe; dans ce cas encore, quoique la courbe n'est pas sur la développable, ses points sont dans les plans tangents à la développable, et par le développement déterminent une courbe, qui peut être considérée comme la transformée de la courbe donnée. Il s'agit de trouver la relation entre les rayons de courbure ρ de la courbe Γ et R de la transformée C, différente ici de celle

---

(1) *Journal de Math.*, 2e série, t. 1, 1856, p. 265.

de Catalan [1]. Soient M, M′, M″ trois points consécutifs de la courbe Γ; P, P′, P″, les plans consécutifs correspondants; d, d' les caractéristiques correspondantes; m', m'' les points résultants de M′, M″ par le développement sur P; O le centre du cercle $Mm'm''$. On considère la surface canal engendrée par la rotation du cercle O autour de d jusque dans le plan P′, autour de d' jusqu'en P″, etc. Si l'on désigne par α l'angle du plan osculateur de la courbe avec le plan passant par la tangente, perpendiculaire à P, le rayon de courbure normale de la courbe est, suivant le théorème de Meusnier et d'après la formule d'Euler, $\frac{\sin\alpha}{\rho} = \frac{\cos^2\theta}{r_2} + \frac{\sin^2\theta}{r_1}$.

Les lignes de courbure au point M sont : le cercle O et sa trajectoire orthogonale, normale à la surface. Soit $r_2 = R$, alors θ représente l'angle de la courbe Γ avec le plan P. Une courbe trajectoire orthogonale du cercle est le trajet de M dans la génération de la surface canal, qui se confond jusqu'au plan P′ avec le cercle décrit par M autour de d; le rayon de courbure de cette courbe est la distance r du point M à la caractéristique. Donc le rayon de courbure de la section principale est $\frac{r}{\cos\omega}$, ω représentant l'angle de la caractéristique avec le plan qui projette la tangente de Γ sur P. La relation cherchée peut prendre la forme

$$\frac{1}{\cos^2\theta}\left(\frac{\sin\alpha}{\rho} - \frac{\cos\omega}{r}\right) + \frac{\cos\omega}{r} = \frac{1}{\mathfrak{R}}. \tag{1}$$

Si $\mathfrak{R}$ est constant, la courbe transformée est un cercle. Le cas de Molins s'obtient pour $\theta = 0$, $\alpha = \frac{\pi}{2} - i$, $r = 0$.

2. Je signale comme intéressantes les courbes pour lesquelles le plan cyclifiant a une position importante par rapport à la surface considérée. Si on lui impose la condition de contenir une direction Γ′, tangente à la surface au point correspondant de Γ, alors les directions de Γ et Γ′ seront appelées dans la suite *cyclifiablement conjuguées* $\mathfrak{R}$. Je me propose de trouver la relation entre deux telles directions par l'application de la formule (1) à ce cas.

Désignant par $\bar{x}$, x, les coordonnées courantes, les coordonnées d'un point sur la surface; ds, δs, ∂s, les différentielles de l'arc sur Γ, Γ′ et sur la direction perpendiculaire à Γ′, nous aurons, pour le plan (P), la caractéris-

(1) *Comptes rendus*, t. 17, 1843, p. 738.

tique (PP′) et la perpendiculaire à la caractéristique (D), les équations

$$(\mathrm{P}) \qquad \partial x(\overline{x}-x)+\partial y(\overline{y}-y)+\partial z(\overline{z}-z)=0,$$

$$(\mathrm{P}') \qquad \begin{cases} d\,\partial x(\overline{x}-x)+d\,\partial y(\overline{y}-y)+d\,\partial z(\overline{z}-z)-\cos\theta'\,ds\,\partial s=0 \\ (\theta', \text{ l'angle des directions } d, \partial), \end{cases}$$

$$(\mathrm{D}) \qquad \begin{cases} \overline{x}=x+\lambda\dfrac{\partial x\,d\,\partial s-\partial s\,d\,\partial x}{\partial s\sqrt{\Sigma(d\,\partial x)^2-(d\,\partial s)^2}}, \quad \ldots \\ (\lambda, \text{ la distance de M comptée sur cette direction}). \end{cases}$$

Dans ce cas, dans l'équation (1), $\frac{\sin\alpha}{\rho}$ représente la courbure normale de la courbe Γ sur la surface considérée; θ, l'angle des directions (d, δ); ω l'angle de la caractéristique avec la direction δ.

$$(2) \qquad \begin{cases} \cos\omega=\dfrac{\Sigma(\partial y\,d\,\partial z-\partial z\,d\,\partial y)\,\partial x}{\partial s\,\partial s\sqrt{\Sigma(d\,\partial x)^2-(d\,\partial s)^2}}=\dfrac{\Sigma \mathrm{X}\,d\,\partial x}{\sqrt{\Sigma(d\,\partial x)^2-(d\,\partial s)^2}}=\dfrac{-\Sigma\,d\mathrm{X}\,\partial x}{\sqrt{\Sigma(d\,\partial x)^2-(d\,\partial s)^2}} \\ (x, y, z, \text{ les cosinus directeurs de la normale à la surface}). \end{cases}$$

Si l'on remplace les valeurs (D) dans P′, on a la valeur de r et, en vertu de (2), on trouve

$$\frac{\cos\omega}{r}=\frac{\Sigma\,d\mathrm{X}\,\partial x}{\cos\theta'\,ds\,\partial s}=-\frac{\mathrm{D}\,du\,\partial u+\mathrm{D}'(du\,\partial v+dv\,\partial u)+\mathrm{D}''\,dv\,\partial v}{\mathrm{E}\,du\,\partial u+\mathrm{F}(du\,\partial v+dv\,\partial u)+\mathrm{G}\,dv\,\partial v}$$
$$=-\frac{(\mathrm{DF}-\mathrm{D'E})\,du\,\delta u+(\mathrm{DG}-\mathrm{D'F})\,du\,\delta v+(\mathrm{D'F}-\mathrm{D''E})\,dv\,\delta u+(\mathrm{D'G}-\mathrm{D''F})\,dv\,\delta v}{(\mathrm{EG}-\mathrm{F}^2)(du\,\delta v-dv\,\delta u)}$$

après qu'on a remplacé la direction ∂ par δ, liée avec elle par la relation

$$\mathrm{E}\,\partial u\,\delta u+\mathrm{F}(\partial u\,\delta v+\partial v\,\delta u)+\mathrm{G}\,\partial v\,\delta v=0.$$

Les calculs effectués, l'équation (1) devient

$$\frac{(\mathrm{E}\delta u^2+2\mathrm{F}\,\delta u\,\delta v+\mathrm{G}\delta v^2)[(\mathrm{FD}-\mathrm{ED'})du^2+(\mathrm{DG}-\mathrm{D''E})\,du\,dv+(\mathrm{D'G}-\mathrm{D''F})\,dv^2]}{(\mathrm{EG}-\mathrm{F}^2)(du\,\delta v-dv\,\delta u)[\mathrm{E}\,du\,\delta u+\mathrm{F}(du\,\delta v+dv\,\delta u)+\mathrm{G}\,dv\,\delta v]}$$
$$-\frac{(\mathrm{DF}-\mathrm{D'E})\,du\,\delta u+(\mathrm{DG}-\mathrm{D'F})\,du\,\delta v+(\mathrm{D'F}-\mathrm{D''E})\,dv\,\delta u+(\mathrm{D'G}-\mathrm{D''F})\,dv\,\delta v}{(\mathrm{EG}-\mathrm{F}^2)(du\,\delta v-dv\,\delta u)}=\frac{1}{\mathrm{R}}$$

ou

$$(3) \qquad \frac{1}{\mathrm{R}}=-\frac{\mathrm{D}\,du\,\delta u+\mathrm{D}'(du\,\delta v+dv\,\delta u)+\mathrm{D}''\,dv\,\delta v}{\mathrm{E}\,du\,\delta u+\mathrm{F}(du\,\delta v+dv\,\delta u)+\mathrm{G}\,dv\,\delta v},$$

équation qui représente la relation qui lie les directions cyclifiablement conjuguées. Les directions cyclifiablement conjuguées déterminent un réseau. En un point, l'une des directions est la tangente au cercle caractéristique de la surface enveloppée par un système de sphères de rayon R tangentes à la surface le long de l'autre courbe.

3. Si les directions d, δ se confondent, on obtient les courbes

$$\frac{1}{R} = -\frac{D\,du^2 + 2D'\,du\,dv + D''\,dv^2}{E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2}$$

de courbure normale constante $\frac{1}{R}$. Pour $R = \infty$, ces courbes sont les lignes asymptotiques. Les deux directions des courbes de courbure normale constante $\frac{1}{R}$ sont harmoniquement conjuguées avec une paire quelconque de directions cyclifiablement conjuguées R.

Les propriétés des courbes de courbure normale constante $\frac{1}{R}$ sont les suivantes : 1° ces courbes sont cyclifiables sur la développable engendrée par un plan normal à la surface contenant leur propre tangente; 2° les cercles de rayon R tangents à ces courbes engendrent une surface canal; 3° les directions de ces courbes sont les tangentes au point double de la courbe d'intersection de la surface avec une sphère de rayon R, tangente à la surface; 4° ces courbes sont symétriques par rapport aux lignes de courbure.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les dérivées des fonctions multiformes.* Note [1] de M. **Th. Varopoulos**, présentée par M. Appell.

1. On sait [2] que, si une fonction $f(x)$ entière possède une valeur a exceptionnelle, sa dérivée $f'(x)$ ne peut admettre que la valeur zéro comme valeur exceptionnelle.

Considérons une fonction $\varphi(x)$ multiforme à ν branches : la dérivée $\varphi'(x)$ n'admet pas toujours la valeur zéro comme valeur exceptionnelle; par exemple, la dérivée de la fonction définie par l'équation

$$\varphi^2 + (e^{2x} - e^x - 1)\varphi + e^x = 0.$$

Sur le conseil de M. Montel, j'ai cherché des conditions sous lesquelles la dérivée d'une fonction multiforme admet nécessairement la valeur zéro comme valeur exceptionnelle.

---

(1) Séance du 22 septembre 1924.

(2) M.-G. Polya, *Ueber die Nullstellen sukzessiver Derivierten* (*Mathematische Zeitschrift*, Berlin, 1922). — Saxer, *Ueber die Picardschen ausnahmewerte sukzessiver Derivierten* (*Thèse de Doctorat*, Zurich, 1923).

2. Une fonction multiforme définie par une équation de la forme

$$f(x, \varphi) \equiv \varphi^{\nu} + A_1(x)\varphi^{\nu-1} + \ldots + A_{\nu}(x) = 0$$

peut admettre $\nu - 1$ valeurs φ_i exceptionnelles telles que $f(x, \varphi_i)$ soit une constante et ν valeurs φ_j telles que $f(x, \varphi_j)$ soit un polynome ou de la forme $p(x)e^{Q(x)}$, $p(x)$ étant polynome ([1]).

On établit facilement la proposition suivante :

Soit une fonction $\varphi(x)$ multiforme définie par l'équation

$$f(x, \varphi) \equiv \varphi^{\nu} + A_1(x)\varphi^{\nu-1} + \ldots + A_{\nu}(x) = 0;$$

si le résultat de l'élimination de φ entre les équations

$$f = 0, \qquad \frac{\partial f}{\partial x} = 0$$

admet la valeur zéro comme valeur exceptionnelle, la dérivée $\varphi'(x)$ sera toujours de la forme $p(x)e^{Q(x)}$, $p(x)$ étant un polynome.

Voici maintenant une proposition qui répond à notre question :

Considérons une transcendante algébroïde $\varphi(x)$ définie par l'équation

$$f(x, \varphi) = 0,$$

s'il y a $\nu - 1$ relations linéaires à coefficients constants entre les fonctions $A_i(x)$ et si φ admet une valeur exceptionnelle, la dérivée φ' admet la valeur zéro comme valeur exceptionnelle.

Dans le cas $\nu = 1$ nous retrouvons, comme cas particulier, une proposition de M. Saxer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence des intégrales des équations différentielles.* Note de M. **N. Saltykow**, présentée par M. P. Painlevé.

Il s'agit de donner, dans les lignes suivantes, une nouvelle démonstration de l'existence des intégrales des équations différentielles, en appliquant des considérations analogues à celles dont avait profité M. P. Painlevé dans sa théorie des intégrales définies ([2]).

([1]) Rémoundos, *Sur les zéros d'une classe des fonctions transcendantes* (*Thèse de Doctorat*, Paris, 1906, et *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2e série, t. 8, 1906).

([2]) G. Humbert, *Cours d'Analyse*, t. 1, Paris, 1903, p. 262.

Considérons, pour fixer les idées, deux équations simultanées

$$(1)\qquad y' = f(x, y, z), \qquad z' = \varphi(x, y, z),$$

f et φ étant deux fonctions continues lorsque la variable indépendante x varie de x_0 à $x_0 + a$ et que y et z varient respectivement entre les limites

$$(y_0 - b, y_0 + b), \quad (z_0 - c, z_0 + c); \quad a > 0, \quad b > 0, \quad c > 0.$$

Soit M la limite supérieure de $|f(x, y)|$ et de $|\varphi(x, y)|$ dans le domaine considéré, et soit h le plus petit des trois nombres a, $\frac{b}{M}$, $\frac{c}{M}$. Supposons que x appartienne à l'intervalle $(x_0, x_0 + h)$. Intercalons entre x_0 et x un nombre quelconque des valeurs intermédiaires, $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$, allant en croissant de x_0 à x, et faisons pour chacune des variables fonctionnelles, y et z, une figure analogue à celle de M. E. Goursat [1]. Désignons respectivement par m_k et n_k les valeurs *minima* des fonctions $f(x, y, z)$ et $\varphi(x, y, z)$ pour les $(k+1)^{\text{ièmes}}$ régions trapézoïdales correspondant à l'intervalle (x_k, x_{k+1}).

On démontre alors aisément, en posant $x_n \equiv x$, que les expressions

$$(2)\qquad y_n = y_0 + \sum_{k=0}^{n-1} m_k (x_{k+1} - x_k), \qquad z_n = z_0 + \sum_{k=0}^{n-1} n_k (x_{k+1} - x_k)$$

tendent respectivement vers des limites bien déterminées, quand le nombre n des côtés des courbes polygonales correspondantes augmente indéfiniment, suivant une loi quelconque, de manière que tous les intervalles (x_k, x_{k+1}) tendent vers zéro.

En effet, toute nouvelle somme y'_n et z'_n est respectivement supérieure ou au moins égale à la somme correspondante (2). De plus, ces dernières sont inférieures à un nombre fini $M(x - x_0)$. Par conséquent, y_n et z_n, ne décroissant jamais, tendent respectivement vers des limites déterminées.

Il est à noter encore que ce dernier résultat s'obtient indépendamment de la condition classique de Lipschitz. En suivant donc C. Jordan [2], on obtient immédiatement que les limites des expressions (2) définissent un système d'intégrales des équations (1) continues dans l'intervalle $(x_0, x_0 + h)$ et prenant respectivement les valeurs y_0 et z_0, pour $x = x_0$.

Désignons respectivement ξ_k, η_k, ζ_k et $\bar{\xi}_k, \bar{\eta}_k, \bar{\zeta}_k$ les valeurs des variables x,

(1) *Cours d'Analyse*, t. 2, 3e édition, 1918, p. 384.
(2) *Cours d'Analyse*, t. 3, 2e édition, Paris, 1896, p. 92.

y, z, vérifiant les conditions

$$m_k \equiv f(\xi_k, \eta_k, \zeta_k), \qquad n_k \equiv \varphi(\bar{\xi}_k, \bar{\eta}_k, \bar{\zeta}_k).$$

On démontre aisément que les intégrales requises du système (1) admettent la forme généralisée représentée respectivement par les limites des expressions suivantes, en posant $x_n \equiv x$,

$$y''_n = y_0 + \sum_{k=0}^{n-1} f(\xi'_k, \eta_k, \zeta_k)(x_{k+1} - x_k),$$

$$z''_n = z_0 + \sum_{k=0}^{n-1} f(\bar{\xi}'_k, \bar{\eta}_k, \bar{\zeta}_k)(x_{k-1} - x_k),$$

ξ'_k et $\bar{\xi}'_k$ désignant les abscisses des points arbitraires quelconques de l'intervalle (x_k, x_{k+1}).

La définition dernièrement donnée des intégrales du système (1) permet de les représenter sous une nouvelle forme, moyennant des quadratures partielles, comme limites des sommes suivantes :

$$Y_n = y_0 + \sum_{k=0}^{n-1} \int_{x_k}^{x_{k+1}} f(x, \eta_k, \zeta_k)\, dx,$$

$$Z_n = z_0 + \sum_{k=0}^{n-1} \int_{x_k}^{x_{k+1}} \varphi(x, \bar{\eta}_k, \bar{\zeta}_k)\, dx.$$

Les mêmes considérations s'étendent immédiatement aux équations aux dérivées partielles et aux équations aux différentielles totales.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'emploi du disque de Recknagel comme indicateur de vitesse et de direction*. Note de M. **A. Foch**, présentée par M. Rateau.

I. On sait que pour mesurer la vitesse d'un courant fluide, Recknagel a proposé l'emploi d'un disque circulaire immergé normalement au courant. Sous sa forme habituelle, l'appareil est constitué par une boîte cylindrique plate de 20^{mm} à 40^{mm} de diamètre. Chacun des fonds est percé d'un petit trou au centre. Une cloison parallèle aux bases sépare l'intérieur en deux parties reliées chacune à un manomètre. Le disque étant normal au courant, la différence des charges $H - H'$ mesurées en hauteur de fluide sur la face amont (pression dynamique) et sur la face aval (dans la zone de disconti-

nuité) est liée à la vitesse V du fluide par la relation

$$H - H' = k \frac{V^2}{2g}.$$

Le coefficient k est une constante numérique dont les valeurs, données par les divers auteurs, varient entre 1,34 et 1,37 ; il est probable que les différences tiennent aux variations du rapport de la hauteur de la boîte à son diamètre. J'ai essayé d'en déterminer la valeur et j'ai trouvé sur deux disques de 8^{mm} de hauteur et de diamètres respectifs 15^{mm} et 28^{mm}, immergés dans un courant d'eau dont la vitesse a varié de 0,60 à 3,50 m : s, la valeur constante

$$k = 1,35 \quad [\pm 0,025] \; (^1).$$

Il eût été intéressant de pousser les mesures jusqu'aux vitesses de 8 à 10 m : s ; l'installation dont je disposais ne le permettait pas. Il est cependant probable que la valeur de k doit se maintenir au voisinage de celle adoptée ici ; on sait en effet que le coefficient de résistance des disques immergés normalement dans un courant fluide est rigoureusement constant lorsque le nombre de Reynolds varie entre 3000 et 1 000 000.

Dans les expériences rapportées ici, R a atteint 90 000.

II. Tournons le disque autour d'un de ses diamètres de façon à changer l'angle α de la vitesse du fluide avec la normale aux bases du disque ; la dénivellation h entre les manomètres reliés respectivement aux faces amont et aval varie avec α suivant une loi qui dépend légèrement du rapport de la hauteur du disque à son diamètre et de la vitesse du fluide.

Toutefois, les courbes représentables se ressemblent énormément. Voici, à titre d'indication, les nombres relatifs à un disque de 15^{mm}, immergé dans un courant d'eau de vitesse 2,43 m : sec (mesurée avec un tube de Pitot, forme de Prandtl) (²) :

α.	$\frac{h}{V^2 : 2g}$.
0	1,35
10	1,345
20	1,32
30	1,215
40	1,07
50	0,905
60	0,795
70	0,70
80	0,46
90	0

(¹) Une partie des expériences a été faite en collaboration avec M. R. Vene.

(²) *Ergebnisse der Versuchsanstalt von Göttingen*, II, p. 29.

De là résulte que :

a. Si le disque est immergé *parallèlement* à la vitesse du fluide ($\alpha = 90°$), la hauteur h correspond assez exactement à la pression statique. Ce point sera l'objet de vérifications ultérieures.

b. Une variation même très faible de l'angle de la vitesse et du plan à partir de $\alpha = 90$ entraîne une dénivellation considérable entre les manomètres (de l'ordre de $0{,}05\,V^2 : 2g$ par degré de variation). La direction de la vitesse peut donc être connue avec une très grande précision.

III. Il arrive fréquemment, lorsqu'on veut déterminer la grandeur et la direction de la vitesse d'un fluide, que l'on connaisse *a priori* un plan contenant la vitesse; ainsi, dans les turbines hélicoïdales, la vitesse en un point à la sortie du rotor est contenue dans le plan parallèle à l'axe et perpendiculaire au rayon ([1]).

Or, si l'on supporte un disque de Recknagel par une tige enfoncée radialement à l'entrée du tube d'aspiration, il suffira de faire tourner l'appareil autour de l'axe de la tige pour déterminer, au moyen du passage par la dénivellation nulle, l'instant où le disque est normal au plan défini par la vitesse de l'eau au centre du disque et le rayon passant par ce centre. Une rotation de 90° autour du rayon amène ensuite le disque à être normal à la vitesse ; la dénivellation observée alors est égale à $1{,}35\,\frac{V^2}{2g}$. Les phénomènes étant de révolution, il suffit de déplacer le disque suivant le rayon pour explorer très rapidement les diverses zones du col. On peut déterminer ainsi le débit, l'énergie cinétique de l'eau quittant la turbine, constater dans quelle mesure l'écoulement du fluide s'écarte de l'écoulement axial, qui a servi de base au calcul du rotor, etc. L'appareil de Recknagel paraît donc susceptible d'un certain nombre d'applications intéressantes.

([1]) On sait que les rotors de ces turbines sont calculés en partant de l'hypothèse que *pour le débit normal* les vitesses absolues de l'eau à la sortie sont parallèles à l'axe. Pour tous les autres débits, la vitesse doit avoir une composante tangentielle dont la méthode proposée ici permet d'évaluer l'importance.

ÉLECTRICITÉ. — *Décomposition de l'énergie d'un système triphasé ou une énergie constante à une énergie pulsatoire.* Note (¹) de M. **L. G. Stokvis**, transmise par M. André Blondel.

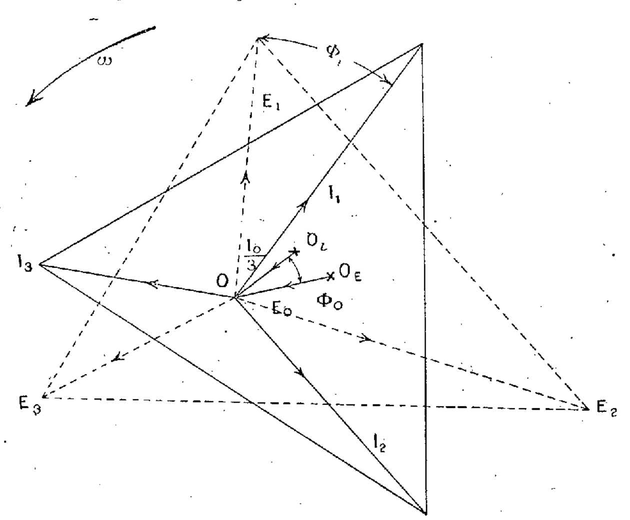
Soient E_1, E_2, E_3 un système de trois vecteurs d'égale grandeur, représentant des tensions et décalés de $\frac{2\pi}{3}$ dans le sens de la rotation des aiguilles d'une montre, sens défini comme positif.

Soient I_1, I_2, I_3 un système de trois autres vecteurs d'égale grandeur, représentant des intensités, et soit Φ le décalage de I_1, par rapport à E_1.

Soit ω la vitesse angulaire des vecteurs. Attribuons au système des tensions un système de courants décalés dans le sens positif; alors l'énergie constante dans le temps W_c fournie par ce système est $3 E_1 I_1 \cos\Phi$ et l'énergie pulsatoire $W_p = 0$.

Attribuons au système des tensions un système des courants décalés dans le sens négatif; alors l'énergie W_c devient zéro et l'énergie pulsatoire présente un maximum $W_p = 3 E_1 I_1 \cos(2\omega t - \Phi)$.

L'énergie fournie par un système de tensions et de courants choisis



arbitrairement d'une transmission triphasée peut se ramener à la superposition de ces deux cas.

La figure ci-dessus représente ce cas général.

(¹) Séance du 21 juillet 1924.

On sait déjà (¹) que le courant de terre I_0 est représenté par trois fois la distance du centre de gravité (O_i) du triangle (I_1, I_2, I_3) à O, donc $I_0 = 3(\overline{O_i - O}) = 3I'_0$; et que la f. e. m. (E_0) qui fait circuler ce courant peut être obtenue comme la distance du centre de gravité (O_e) du triangle (E_1, E_2, E_3) à O ; donc $E_0 = (\overline{O_e - O})$.

Par la même Note, nous avons démontré que le système des tensions pouvait s'écrire :

$$E_1 = E_{s1} + E_{i1} + E_0, \qquad I_1 = I_{s1} + I_{i1} + I'_0 = I_{s1} + I_{i1} + \frac{I_0}{3}$$

et d'une façon analogue pour les autres vecteurs (²). Il est à retenir que les vecteurs E_{s1}, E_{s2}, E_{s3}, ainsi que les vecteurs I_{s1}, I_{s2}, I_{s3}, sont décalés de $\frac{2\pi}{3}$ dans le sens positif, tandis que les vecteurs E_{i1}, E_{i2}, E_{i3}, et I_{i1}, I_{i2}, I_{i3} sont décalés dans le sens négatif. Les vecteurs I_0 et E_0 restent les mêmes pour les différentes phases.

En calculant l'énergie fournie, nous trouvons :

$$\Sigma E\hat{I} = \Sigma E_s I_s + \Sigma E_s I_i + \Sigma E_s \frac{I_0}{3} + \Sigma E_i I_s + \Sigma E_i I_i + \Sigma E_i \frac{I_0}{3} + \Sigma E_0 I_s + \Sigma E_0 . I_i + \Sigma E_0 . \frac{I_0}{3}.$$

Le premier et le cinquième terme de l'équation représentent l'énergie constante du système, car les vecteurs sont numérotés dans le même sens, donc :

$$\Sigma W_c = \Sigma E_s I_s + \Sigma E_i I_i = 3 E_s I_s \cos\varphi_s + 3 E_i I_i \cos\varphi_i.$$

Le deuxième et le quatrième terme fournissent l'énergie pulsatoire, car leurs systèmes sont numérotés en sens inverse, donc :

$$\Sigma W_p = \Sigma E_s I_i + \Sigma E_i I_s = 3 \{ E_s I_i \cos(2\omega t - \varphi_{si}) + E_i I_s \cos(2\omega t - \varphi_{is}) \}.$$

Il est à remarquer que W_p peut devenir zéro sans que E_i et I_i deviennent nuls. Un système déséquilibré peut donc transmettre de l'énergie constante. L'énergie pulsatoire ne peut donc pas servir de mesure au déséquilibrage.

A l'exception de Σ, $E_0 \frac{I_0}{3}$ représentent l'énergie pulsatoire (W_0) passant par le fil de terre, les autres termes deviennent zéro. Cette énergie s'exprime

(¹) Voir notre Note des *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1074.

(²) Voir, sur la décomposition de ces systèmes, *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 46, et t. 174, 1922, p. 1418-1420.

comme suit :

$$W_0 = I_0 E_0 \{ \cos\Phi_0 + \cos(2\omega t - \Phi_0) \}.$$

Par ce qui précède, il devient donc facile de déterminer graphiquement sans aucun calcul la partie constante de l'énergie d'un système triphasé et la partie pulsatoire. Nous n'avons qu'à décomposer ce système en composantes synchrones et inverses. La projection de la composante synchrone de la tension sur la composante synchrone du courant donne une partie de l'énergie constante. La projection de la composante inverse de la tension sur la composante inverse du courant donne l'autre. Additionnons la projection de la composante synchrone de la tension sur la composante inverse du courant et vice versa et nous obtenons l'énergie pulsatoire, en tenant compte de l'énergie W_0.

ÉLECTRICITÉ — *De la propagation des ondes électriques le long des lignes en fer parfaitement isolées, en tenant compte de l'effet pelliculaire.* Note (¹) de M. **André Léauté**, transmise par M. André Blondel.

Considérons un fil droit et circulaire, de rayon a; soient v et i le potentiel et l'intensité dans une section droite, dont la distance à l'origine est x; nous désignons le temps par t. Si le conducteur est en cuivre, la théorie classique consiste à écrire deux équations aux dérivés partielles :

$$\frac{\partial v}{\partial x} = ri + l\frac{\partial i}{\partial t}, \tag{1}$$

$$\frac{\partial i}{\partial x} = C\frac{\partial v}{\partial t}, \tag{2}$$

dans lesquelles r, l, C sont la résistance en courant continu, la self-induction et la capacité par unité de longueur. Quelle est l'équation qui, dans notre cas, généralise l'équation (1)? Entre deux sections droites x et $x + dx$ (qu'on assimile à des surfaces équipotentielles), on décompose le conducteur en une infinité de filets de courant : δ sera la densité de courant dans l'un d'eux situé à la distance z de l'axe, F le potentiel vecteur en son centre, ρ la résistivité en courant continu et μ la perméabilité magnétique. Les lois de l'électricité s'expriment par les équations connues :

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \rho\delta + \frac{\partial F}{\partial t}, \qquad \frac{\partial^2 \delta}{\partial z^2} + \frac{1}{z}\frac{\partial \delta}{\partial z} = \gamma\frac{\partial \delta}{\partial t} \qquad \left(\gamma = \frac{4\pi\mu}{\rho}\right). \tag{3}$$

(¹) Séance du 22 septembre 1924.

La série

$$\delta = \sum_{1,2,\ldots,m,\ldots} B_m \left[e^{mt} + \frac{\gamma z^2}{(2)^2} m\, e^{mt} + \frac{\gamma^2 z^4}{(2.4)^2} m^2 e^{mt} + \ldots \right]$$

est une solution. Si δ_0 est la valeur de δ sur l'axe et si l'on désigne par $\delta_0^{(1)}$, $\delta_0^{(2)}$, ... les dérivées de δ_0 par rapport au temps, l'intensité i s'écrit

$$i = \frac{\pi}{\gamma} \left[a^2 \gamma \delta_0 + \frac{1}{2} \frac{a^4 \gamma^2}{(2)^2} \delta_0^{(1)} + \frac{1}{3} \frac{a^6 \gamma^3}{(2.4)^2} \delta_0^{(2)} + \ldots \right].$$

De même $\frac{\partial v}{\partial x}$, $\frac{\partial i}{\partial t}$, $\frac{\partial^2 i}{\partial t^2}$, ... prennent la forme de développements où les dérivées successives de δ_0 par rapport à t entrent linéairement. Le résultat de l'élimination de δ_0 et de ses dérivées par rapport à t entre cette infinité d'équations linéaires est fourni par le développement connu de Maxwell, à supposer qu'il soit uniformément convergent :

$$(4) \qquad \frac{\partial v}{\partial x} = ri + l \frac{\partial i}{\partial t} - \frac{1}{12} \frac{\mu^2 l}{r} \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} + \ldots.$$

L'équation (4) généralise l'équation (1).

Limitons ce développement au premier terme complémentaire ; admettons que l'équation (2) reste valable et examinons quelle modification on apporte dans la théorie de la propagation des surtensions ou des surintensités, en remplaçant l'équation (1) par la suivante :

$$(4\ bis) \qquad \frac{\partial v}{\partial x} = ri + l \frac{\partial i}{\partial t} - \varpi \frac{\partial^2 i}{\partial t^2}.$$

Pour suivre la marche la plus habituelle aux électriciens [1], on se borne au cas où les conditions aux limites et initiales sont telles que les oscillations libres du potentiel v et de l'intensité i puissent être exprimées par des séries de la forme

$$S = \sum_{1,2,\ldots,m,\ldots} (l_m \sin \alpha_m x + m_m \cos \alpha_m x)\, e^{\beta_m t},$$

dans lesquelles α_m est réel.

Entre α_m et β_m il existe alors une relation

$$-\varpi C \beta_m^3 + l C \beta_m^2 + r C \beta_m + \alpha_m^2 = 0$$

---

[1] M. Emile Picard a, pour intégrer l'équation des télégraphistes, indiqué une méthode très directe, qu'il serait avantageux de rendre plus familière en Electrotechnique. (*Bulletin de la Société mathématique de France*, t. 22, 1894; *Comptes Rendus*, t. **118**, 1894, p. 16).

qui, à toute valeur de α_m, fait correspondre trois valeurs de β_m; soient : β_{1m}, β_{2m}, β_{3m}. L'une d'elles, la première par exemple, est réelle et positive. La série peut s'écrire

$$S = \sum_{1,2,\ldots,m,\ldots} e^{\beta_{1m}t}(a_m \sin\alpha_m x + b_m \cos\alpha_m x)$$
$$+ \sum_{1,2,\ldots,m,\ldots} e^{\beta_{2m}t}(A_m \sin\alpha_m x + B_m \cos\alpha_m x)$$
$$+ \sum_{1,2,\ldots,m,\ldots} e^{\beta_{3m}t}(C_m \sin\alpha_m x + D_m \cos\alpha_m x).$$

Pour que S ne devienne pas infinie avec le temps, il faut $a_m = b_m = 0$; la première somme disparaît, et la solution est ainsi mise sous la même forme que dans la théorie classique, sans effet pelliculaire.

Des surtensions ou des surintensités oscillatoires peuvent se produire quand β_{2m} et β_{3m} sont imaginaires.

Pour qu'il en soit ainsi, la condition nécessaire et suffisante est

$$\frac{l^2 r^2}{\varpi^2}\left(-1 + 4\frac{l\alpha_m^2}{Cr^2}\right) + 4\frac{r^3}{\varpi}\left(-1 + 9\frac{l\alpha_m^2}{Cr^2}\right) + 27\frac{\alpha_m^4}{C^2} > 0,$$

laquelle se ramène sensiblement, quand ϖ est assez petit, à

$$4\frac{l\alpha_m^2}{Cr^2} > 1.$$

L'amortissement, c'est-à-dire la demi-somme de β_{2m} et β_{3m}, se calcule sans difficulté; quand ϖ est assez petit, cet amortissement est sensiblement égal à

$$-\frac{r}{2l}\left\{1 + \frac{r\varpi}{l^2}\left[-1 + 7\frac{l\alpha_m^2}{Cr^2}\right]\right\}.$$

Dans les conditions qui ont été précisées ci-dessus, on peut donc énoncer ces conclusions :

1° L'effet pelliculaire donne aux divers harmoniques un amortissement différent, alors que cet amortissement serait le même pour eux tous si l'effet pelliculaire était nul;

2° Quand l'effet pelliculaire est assez petit, l'amortissement de tous les termes est accru par l'effet pelliculaire;

3° L'augmentation de l'amortissement devient plus marquée à mesure que l'harmonique est d'un rang plus élevé.

Quelques-uns de ces résultats avaient été entrevus par R.-W. Wagner,

sans que cet auteur en ait toutefois pu, à notre connaissance, donner aucune démonstration valable. Ils confirment que les lignes en fer offrent de l'intérêt au point de vue de la protection contre les ondes à front abrupt.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la condensation des éthers acétylacétiques avec les éthers maloniques.* Note [1] de MM. **H. Gault** et **H. Klees**, transmise par M. A. Haller.

Nous exposons dans cette étude les premiers résultats que nous avons obtenus en condensant les éthers acétylacétiques halogénés avec les éthers maloniques et cyanacétiques sodés, et inversement les éthers maloniques halogénés avec les éthers acétylacétiques sodés.

La condensation de l'éther acétylacétique α chloré avec l'éther cyanacétique sodé fournit, comme Chassagne l'a montré, le composé

$$\begin{array}{c} CH^3 - CO - CH - COOC^2H^5 \\ \qquad\quad | \\ \qquad\quad NC - CH - COOC^2H^5 \end{array}$$

Cet éther, dont nous avons vérifié la constitution par saponification chlorhydrique et transformation en acide lévulique, *ne se forme en réalité qu'avec un rendement de* 15 *pour* 100. On obtient simultanément une huile (65 pour 100) dont nous avons entrepris l'étude.

Dans le but de réaliser une condensation analogue, nous avons fait réagir l'éther malonique sodé sur l'éther acétylacétique α chloré. A froid, il ne se produit presque aucune réaction; en chauffant au bain-marie pendant plusieurs heures, on observe, au contraire, une réaction partielle qui donne exclusivement de *l'éther acétique* et de *l'éther éthanetricarbonique*. L'éther acétique ne peut se former dans cette réaction que par alcoolyse. On peut se demander si cette alcoolyse est due à l'action directe du malonate d'éthyle sodé agissant comme l'éthylate de sodium, ou si, en présence d'un grand excès d'alcool et à une température convenable, il ne se produirait pas une sorte d'équilibre, maintenant en solution de petites quantités d'éthylate de sodium qui détermineraient l'alcoolyse normale. Nous avons vérifié d'ailleurs que cette alcoolyse se produit dans le cas d'autres éthers que l'éther malonique, par exemple dans le cas de l'éther acétylacétique sodé.

Si l'on remplace dans ces condensations l'éther acétylacétique chloré par

---

[1] Séance du 15 septembre 1924.

le dérivé bromé, la réaction est différente. En opérant à froid, la réaction est terminée en 40 minutes et l'on recueille le *poids théorique* de bromure de sodium.

L'huile brute, obtenue avec un rendement de 80 pour 100, laisse déposer de l'*éther éthane tétracarbonique* en proportion variable (1 à 3 pour 100). Par distillation fractionnée dans le vide, *on récupère* 53 *pour* 100 *d'éther malonique*. Le résidu distille mal et donne lieu à une forte décomposition.

Nous avons pu isoler, au cours d'une de ces condensations, un produit cristallisé fondant à 123°, que l'examen analytique nous porte à considérer comme un *éther diacéthylfumarique*.

La réaction inverse, c'est-à-dire la condensation de l'éther acétylacétique sodé avec l'éther malonique monobromé pur en milieu alcoolique, à froid, fournit un mélange d'*éther malonique* (3 pour 100), d'*éther éthane-tétracarbonique* et d'un produit liquide (E_{10} 224°-230°) résultant de la condensation de deux molécules d'éther acétylacétique avec une molécule d'éther malonique.

Cette étude a été étendue aux éthers alcoylmaloniques et aux éthers alcoylacétylacétiques. Dans tous les cas, les réactions de condensation sont anormales et donnent naissance à des quantités variables des éthers maloniques primitifs ou à de l'éther éthane tétracarbonique.

Nous poursuivons l'étude de ces diverses réactions.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique des îles Phourni (entre Nikaria et Samos)*. Note [1] de M. **G.-C. Georgalas**.

Les études de Philippson [2] ont montré l'intérêt de la constitution géologique des îles Nikaria et Phourni, situées entre le massif cristallin des Cyclades et celui de Carie et Lydie (Asie Mineure), parce que sa connaissance permettra d'établir l'une ou l'autre des conclusions suivantes : (*a*) une liaison entre le massif des Cyclades et celui de Carie et Lydie, par l'entremise des îles Nikari et Phourni — liaison observée d'ailleurs superficiellement — existe-t-elle, s'il en est ainsi, la continuité des *plis égéennes orientaux* [3], vers le sud de Nikaria, ou vers la zone des sédiments

---

(1) Séance du 18 août 1924.

(2) *Zusammenhang der griech. und Kleinasiat. Faltengebirge* (*Peterm. Mit.*, 1914, 60. Jahrg., p. 72).

(3) Philippson, *loc. cit.*

paléozoïques d'Amorgo, etc., qui bordent le massif cristallin des Cyclades, ou encore vers les sédiments des Sporades situées au sud de Nikaria-Samos jusqu'à l'île de Kôs, n'existe pas. (*b*) Nikaria est-elle une masse cristalline, comme un *noyau*, au milieu d'une bande de sédiments ?

Entre les îles de Nikaria et de Samos, à une latitude de 37°30'-37°40' nord et à une longitude de 26°25' de Greenwich, se trouve un groupe de douze îles ou îlots appelés *Phourni*, les plus grandes sont : Phourni, Themina et Hag. Minás. La plus grande de ces îles a une direction NS et une longueur de 7,5 milles du nord au sud, et se compose de deux parties étroites et irrégulières, réunies par un isthme étroit. Le point culminant, nommé « Phanos » (483^{m}) se trouve dans la partie nord-est. Entre l'île de Themina — située au sud-ouest de l'île Phourni — et l'île Phourni se remarque un îlot étroit et oblong, appelé Diapori. L'île Hag. Minás, inhabitée, se trouve du côté nord-est de l'île Phourni. Le canal de Nikaria sépare le groupe de l'île Nikaria et un chenal profond de l'île de Samos.

Les roches, qui constituent les îles (Phourni, Themina, Diapori, H. Minás), sont *cristallophylliennes*, ce sont surtout des *micaschistes* et des *marbres* (avec des *cipolins*), en alternances très régulières et très répétées. Des *micaschistes à chloritoïde* et des *phyllites* viennent ensuite; tandis qu'il n'a été observé ni *gneiss* ni *granite*.

Le plissement a été très intense. La direction dominante est NW-WNW. On reconnaît çà et là des anticlinaux et des synclinaux. Plusieurs dislocations compliquent la constitution géologique.

Un filon (d'une épaisseur variable d'environ $0^{m},2$) d'une *roche filonnienne éruptive* traverse les roches cristallophylliennes (micaschistes) au nord-ouest du petit quartier Chrissomiliá. Il est visible du niveau de la mer jusqu'à une hauteur de 100^{m} vers les pentes sud-ouest du monticule Phanos.

Étude microscopique. — 1. *Micaschistes* (nord-ouest de Chrissomiliá). — On voit au microscope dans cette roche plissée : des agrégats de grains de quartz à extinction onduleuse), des lames de muscovite, de chlorite verte fortement polychroïque, de rares grains d'apatite incolore, de l'épidote abondante faiblement polychroïque, de fines aiguilles de rutile et de grains noirs de minerais de fer, avec en quelques endroits un peu de calcite.

2. *Micaschistes à chloritoïde* (au-dessus de Chrissomiliá et au pied sud du sommet Phanos). — Roches fortement schisteuses, avec de grandes

taches noires et d'abondantes et larges lames de chloritoïde. On voit au microscope : du quartz, de la muscovite et du chloritoïde fortement polychroïque (incolore allant jusqu'à la couleur bleue avec macles polysynthétiques et inclusions d'aiguilles de rutile). Des inclusions abondantes de rutile se présentent aussi dans le quartz et dans la muscovite.

3. *Phyllites* (nord-ouest du petit isthme de l'île). — Roches finement feuilletées, luisantes, qui se composent de muscovite, de quartz, d'aiguilles de rutile, de grains noirs de graphitoïde, de petits prismes isolés de tourmaline bleue et de disthène (?) incolore.

4. *La roche en filon appartient à la famille de la syénite*, c'est probablement une *vogésite* d'une couleur vert noirâtre. On voit à l'œil nu de petites paillettes de mica. Elle donne une effervescence forte avec les acides (HCl). Au microscope, la roche se montre formée d'une *pâte*, contenant des *cristaux porphyritiques*, très décomposés et altérés en calcite, chlorite et séricite. Du quartz secondaire se présente seulement çà et là, et des cristaux porphyritiques de feldspath sont clairsemés. Il y avait aussi à l'origine des cristaux porphyriques, des minéraux colorés (probablement pyroxène). La *pâte* est imprégnée de calcite, de chlorite et d'un peu de séricite. Elle se compose de petits grains de feldspath incolore, dont la détermination est impossible (orthose ?), de mica incolore avec des paillettes plus grandes d'un mica, qui montre une couleur verte faible à cause d'une altération commençante en chlorite. Il y a aussi de petites aiguilles d'hornblende d'une couleur brun clair, de petits cristaux d'apatite, de petits grains de magnétite, des grains noirs d'un minerai de fer, des cubes de pyrite, altérée en limonite ([1]).

De tout cela, il faut conclure que : 1° les îles Phourni se composent de couches du système métamorphique de micaschistes et marbres ([2]) et que ces îles, en relation avec la même série de l'île Samos et de Samsün-Dag des côtes occidentales de l'Asie Mineure, constituent une partie de la *zone bordière* [« Rand-zone de Philippson »] du massif cristallin de Carie et

([1]) A mon passage à Nikaria qui serait constituée, d'après Philippson, de granite et de gneiss, j'ai constaté que des *marbres* participent en grande partie à la constitution de l'île. J'ai recueilli à l'ouest d'Hag. Kirikos un *gneiss à deux micas et à tourmaline*.

([2]) Voir C. Kténas, *Les plissements d'âge primaire dans la région centrale de la mer Égée* (Résumés des communic. annonc. : *Congrès géolog. internat.*, XIII^e Session, Belgique, 1922, p. 38-39).

Lydie ([1]), zone caractérisée par les couches épaisses de marbre ([1]); 2° l'île Nikariá, constituée plutôt par des roches du plus ancien système métamorphique [roches cristallophylliennes à gneiss et marbre ([2])], paraît appartenir au noyau intérieur du massif cristallin de Carie et Lydie, qui, selon Philippson ([1]), est constitué *seulement* de roches cristallophylliennes (gneiss, gneiss à deux micas, etc.) et de granites. La recherche géologique plus détaillée de l'île Nikariá nous donnera la solution de la question des relations de ces deux massifs cristallins.

BOTANIQUE. — *Observations sur la montée à graine des betteraves la première année.* Note de M. **Munerati**, présentée par M. Molliard.

Lorsque le phénomène de la montée à graine des betteraves la première année prend la forme d'une quasi-calamité (comme par exemple l'an dernier en beaucoup de régions de l'Europe centrale), la question revient invariablement sur le tapis, on en discute les causes possibles et l'on cherche à en interpréter le mécanisme par des théories et des hypothèses diverses.

L'étude approfondie du problème montre que le phénomène est, et doit être, beaucoup plus complexe qu'il n'a paru et qu'il ne paraît encore, et que de nouvelles et vastes recherches s'imposent aux investigateurs.

Encore aujourd'hui, certains affirment que la montée à graine doit être rangée parmi les nombreux faits dits de retour atavique, parce que la betterave serait à l'état sauvage une plante annuelle, tandis que la bisannualité serait une conséquence de la sélection. Mais l'observation démontre que, même à l'état sauvage, la betterave peut se comporter comme une plante bisannuelle. Faut-il rappeler que Flahault déclarait en 1890 la *Beta maritima* L. nettement bisannuelle, que Schindler émettait la même opinion en 1891 (*Bot. Centralblatt*, n^{os} 14-15, p. 10), et que Jacques Lévêque de Vilmorin, dans sa récente et riche monographie (*Hérédité chez la Betterave*, 1923), cite en beaucoup d'endroits le fait que la betterave sauvage se présente parfois comme annuelle et parfois bisannuelle?

Après des études prolongées sur les types cultivés et le type sauvage, nous avons cru, dès 1917, pouvoir classer la betterave parmi les races que

([1]) Voir aussi A. Philippson, *Reisen und Forschungen im westl. Kleinasien* (5. Heft, 1915, p. 27-28).

([2]) C. Kténas, *loc. cit.*

de Vries ([1]) appelle races infixables annuelles et bisannuelles, infixables en ce sens qu'aucun procédé de sélection ne peut fixer d'une manière stable le caractère de la bisannualité ou celui de l'annualité. Entrent en jeu seulement de simples formes d'équilibre, quelquefois plus nettement orientées vers l'annualité (type sauvage), quelquefois presque totalement vers la bisannualité (types cultivés), équilibres qu'il est très facile en pratique de déplacer dans le sens opposé, et même alternativement. Donc, si la betterave cultivée est, elle aussi, facultativement annuelle ou bisannuelle, selon les conditions du milieu (nature et fertilité du sol, semis dense ou clair), selon l'énergie germinative de la graine, la marche de la saison, on ne peut pas soutenir rigoureusement la thèse d'après laquelle la montée à graine de la betterave la première année serait un fait de retour atavique.

On admet généralement (ce qui est d'ailleurs incontestable) qu'un arrêt de la végétation détermine d'une manière plus ou moins sensible la tendance de la betterave à monter à graine. Et en effet, dans les conditions ordinaires de la pratique, le nombre de plantes annuelles est d'autant plus grand que le semis est plus hâtif, et inversement. Mais il faut noter aussi à ce propos que, lorsque l'équilibre du type est orienté vers l'annualité, on peut également enregistrer de hauts pourcentages de sujets en fleurs, même avec des semis tardifs (en juin et juillet), en des périodes dans lesquelles les arrêts de végétation ne sont pas possibles. Un arrêt dans le développement n'est donc pas une condition rigoureusement nécessaire pour déterminer le phénomène.

Enfin, on a maintes fois parlé d'une tendance particulière à monter qui serait le propre des lots de quelques maisons plutôt que d'autres. Mais il faut considérer que, si en réalité dans certaines années les cultures provenant de la graine d'un certain producteur présentent un nombre manifestement plus considérable de plantes annuelles, cela dépend de circonstances purement accidentelles ou occasionnelles et il n'y a rien d'étonnant à ce que dans une autre année les faits se présentent dans un ordre inverse.

Quoi qu'il en soit, et pour montrer que l'expérimentateur peut se trouver quotidiennement en face de faits nouveaux et imprévus, nous rapporterons ici une observation faite par nous au printemps dernier.

Dans une culture en serre organisée pour étudier l'influence d'un intense éclairage nocturne (du coucher du soleil à l'aube, sans interruption) au moyen de lampes Nitra (1200 bougies par mètre carré), à une température

([1]) *Mutations Theorie*, I, p. 616-626.

oscillant entre 18° et 36°, nous avons constaté que, un mois environ après l'ensemencement, un certain nombre d'individus ayant 8 ou 10 feuilles commençaient à s'allonger et à révéler nettement la tendance à monter à graine. Il s'agissait bien entendu de types communs de betteraves (sucrières, demi-sucrières, fourragères et potagères) à bisannualité contrôlée dans les conditions habituelles de culture. Soixante jours après l'ensemencement, 25 à 30 pour 100 des individus étaient en pleine floraison, et, après 120 jours, on a fait une récolte de glomérules mûrs et parfaits.

Un ensemencement ultérieur, effectué dans la seconde quinzaine de mai avec les mêmes types communs et normaux, nous a conduit aux mêmes constatations, mais nous n'avons toutefois enregistré qu'une moindre proportion (5 à 8 pour 100) d'individus vraiment en fleurs, beaucoup d'autres s'arrêtant dans leur tendance à monter et demeurant stériles. Ce dernier phénomène s'observe souvent, on le sait, dans les cultures ordinaires.

On connaissait déjà de longue date l'influence stimulatrice d'un éclairage nocturne sur les plantes de toute sorte pour hâter leur cycle, mais ce qui est résulté de nos essais sur la betterave est un fait absolument inattendu. Dans des conditions analogues d'éclairage ininterrompu, le chanvre a continué à végéter au delà de six mois sans se différencier, tandis que, dans les conditions normales en plein champ, une culture de contrôle ensemencée avec la même graine s'est présentée dès le troisième mois nettement différenciée et présentant un rapport normal entre les individus mâles et femelles.

On se demande si les organismes, tels que nous les voyons et que nous les concevons, ne sont pas quelque chose de fictif et de labile au plus haut degré et si des changements d'habitat d'une importance négligeable vis-à-vis de ceux que l'on constate dans les conditions naturelles ne peuvent suffire pour en altérer profondément les propriétés.

PHYSIOLOGIE. — *Hypomasculisme endocrinien expérimental chez le Coq domestique.* Note (¹) de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. Widal.

Une question importante, en endocrinologie, est de savoir s'il existe une relation entre la quantité de l'hormone agissante et la grandeur de l'effet produit. En physiologie génitale, Bouin et Ancel, Steinach ont émis l'opi-

---

(¹) Séance du 16 juillet 1924.

nion qu'il existe une certaine proportionnalité entre la quantité de parenchyme testiculaire endocrinien et le degré de développement des caractères sexuels conditionnés. Pézard n'a pas retrouvé cette proportionnalité chez le Coq, et il énonce, par sa loi du « tout ou rien », que « à partir d'un certain minimum ou seuil au-dessous duquel l'effet est nul, une augmentation minime du tissu génital endocrinien suffit pour faire apparaître les caractères sexuels secondaires et pour en assurer le complet développement » (1). Aron, dans un récent travail sur les Urodèles, écrit, au contraire : « L'hormone testiculaire des Urodèles exerce sur les caractères secondaires une action dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'hormone agissante » (2).

Quelques expériences de castrations bilatérales, faites chez de jeunes Coqs, me donnent l'occasion de prendre part à la discussion de cette question. Ces castrations furent, volontairement ou non, pratiquées incomplètement. Au bout d'un certain temps, des nodules testiculaires de régénération se développèrent et déterminèrent une croissance conditionnée de la crête, qui s'effectua avec une vitesse variable selon les sujets. Je me bornerai, dans la présente Note, à exposer brièvement les cas de quelques sujets particulièrement démonstratifs.

Deux sujets Leghorn dorés D 89 et D 148 furent castrés assez tardivement, respectivement à 3 mois 12 jours et 4 mois 25 jours. Leur crête régressa pendant quelques mois, puis se remit à croître, grâce à la régénération de nodules testiculaires. Cette croissance de la crête fut d'emblée très rapide, et aboutit en peu de temps à un développement considérable de l'organe érectile : la valeur du rapport de croissance linéaire de la crête $\left(\frac{l}{\sqrt[3]{P}}\right)$, qui renseigne sur le fonctionnement de cet organe (Pézard), passa en 2 mois 20 jours, chez D 89, de 39 à 80, et en 4 mois et demi, chez D 148, de 40 à 102. Ce rapport augmenta donc par mois, de +15,4 chez D 89 et de +13,8 chez D 148.

Deux autres sujets Leghorn D 70 et B 6 furent castrés respectivement à 4 jours et à 26 jours. Des nodules testiculaires se régénérèrent au bout de plusieurs mois et provoquèrent une croissance « conditionnée » de la crête

(1) Pézard, *La loi du « tout ou rien » et le gynandromorphisme chez les Oiseaux* (*Journal de Physiologie et de Pathol. générale*, t. 20, 1922, p. 495. Cf. aussi p. 200).

(2) Aron, *Recherches morphologiques et expérimentales sur le déterminisme des caractères sexuels mâles chez les Urodèles* (*Arch. de Biol.*, t. 34, 1924, p. 1).

nettement moins rapide que chez les sujets précédents. En 3 mois 20 jours chez D 70, et en 3 mois chez B 6 d'un développement très lent et d'ailleurs incomplet de la crête, le rapport de croissance linéaire augmenta, par mois, de + 5,2 et de + 3. La vitesse moyenne de croissance de la crête fut donc, chez D 70 et B 6, 3 fois et 5 fois moins grande que chez D 89 et D 148.

Or les nodules testiculaires trouvés à l'autopsie pesaient, chez D 89 et D 148, 1g,7 et 2g,3, et seulement 0g,255 et 0g,034 chez D 70 et B 6.

Sujets.	Age à l'autopsie.	Poids P.	Augmentation, par mois, de $\frac{l}{\sqrt[3]{P}}$.	Poids des nodules testiculaires N.	$\frac{N}{P}$.
D 89........	10 mois 1/2	g 1190	+15,4 (pendant 2 mois 20 jours)	g 1,79	1/615
D148........	10 mois	1550	+13,8 (» 4 mois 1/2)	2,3	1/600
D 70........	10 mois 1/2	1750	+ 5,2 (» 3 mois 20 jours)	0,255	1/7000
B 6........	1 mois ou 1 mois 1/2	1580	+ 3 (» 3 mois)	0,034	1/46500

J'ai observé en outre le cas très intéressant d'un Coq dont la crête resta pendant plusieurs mois à un état de développement intermédiaire. J'ai obtenu ce résultat en diminuant progressivement, grâce à des interventions opératoires successives, la quantité du parenchyme testiculaire : L 27 est castré bilatéralement à cinq mois. Un fragment testiculaire, involontairement épargné, ralentit la régression de la crête, puis détermine à nouveau, au bout de cinq mois, la croissance conditionnée de cet organe. L'ablation du nodule régénéré (0g,165) est suivie d'une deuxième régression, incomplète, de la crête : elle reste *pendant six mois consécutifs* à un *état nettement intermédiaire* entre celle d'un témoin normal et celle d'un témoin castré. (Valeur de $\frac{l}{\sqrt[3]{P}}$ chez le normal : de 112 à 125. Chez le castrat : 45. Chez L 27 : de 60 à 64.) La destruction du nodule responsable [1] de cet état d'hypomasculisme prolongé provoque enfin une régression complète et définitive de la crête. ($\frac{l}{\sqrt[3]{P}}$ diminue régulièrement et se stabilise vers 46.)

Ces expériences montrent que la crête du Coq peut, sous l'influence endocrine de nodules testiculaires très petits, demeurer à un état de développement intermédiaire entre celui du castrat et celui du sujet adulte normal, ou bien manifester une croissance plus lente que celle qu'elle présenterait sous un conditionnement normal. Elles tendent à prouver qu'une certaine « masse suffisante » de testicule est nécessaire pour que la crête

(1) La masse de ce nodule, écrasé lors de son extraction, fut appréciée à 0g,1 environ.

puisse acquérir son développement complet, et pour qu'elle l'atteigne dans le minimum de temps. Elles permettent ainsi d'admettre que lorsque la quantité de testicule reste comprise entre la « masse minimum » au-dessous de laquelle l'action endocrine est nulle, et la « masse suffisante » qui permettrait à la crête de se développer complètement, le degré de développement de la crête est en rapport avec la masse du parenchyme testiculaire [1].

ENTOMOLOGIE. — *Sur le développement de* Macrotermes gilvus *Hag. comparé à celui de l'*Eutermes matangensis *Hav.* Note [2] de M. **Jean Bathellier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note antérieure, j'ai exposé le développement des neutres de l'*Eutermes matangensis*.

J'ai pu étudier depuis la population neutre larvaire et adulte de deux nids d'un Termite arboricole que M. le Professeur Bugnion a obligeamment examiné et reconnu comme *Eutermes laborator* Haviland. J'ai trouvé que les catégories de larves et d'insectes chitinisés sont ici exactement les mêmes que celles de l'*Eutermes matangensis*. Les petites larves neutres à 13 articles sont très faciles à classer : il y en a de deux tailles bien distinctes et les deux sortes trouvées chez l'*Eutermes matangensis* se séparent, dans ce cas, au premier coup d'œil. J'ai donc lieu de penser que le développement de l'*Eutermes laborator* coïncide tout à fait avec celui de l'*Eutermes matangensis*.

J'ai étudié de la même façon le développement d'un Termite bien différent, le *Macrotermes gilvus* Hag. Cet Isoptère présente quatre catégories de neutres adultes : petit soldat, petit ouvrier, grand soldat, grand ouvrier. La dernière forme possède 18 articles antennaires, les autres en ont seulement 17. Si l'on examine la population des larves, on trouve que chacune des formes adultes dérive directement d'une forme absolument semblable, blanche, notablement plus petite. Celles-ci procèdent à leur

(1) La « masse suffisante » qui permet le développement complet de la crête serait de $0^g,3$ environ. La « masse minimum » pour laquelle la crête commence à réagir serait inférieure à $0^g,034$, si l'on s'en tient au cas de B 6. L'écart entre ces deux quantités n'est donc pas très considérable.

(2) Séance du 22 septembre 1924.

tour de deux catégories de larves plus petites ayant chacune 15 articles antennaires et différant entre elles par la taille.

Quelles sont les formes spécialisées qu'il faut rapporter à chacun de ces deux derniers groupes larvaires? Notons qu'ils sont à peu près équivalents en nombre. J'ai compté plusieurs fois les quantités de larves spécialisées en vue d'établir leur proportion. Si l'on représente par 1 le nombre des larves blanches du petit ouvrier, on trouve environ 0,9 de larves de grand ouvrier au même état, 0,1 de larves de petit soldat et 0,01 de larves de grand soldat.

L'hypothèse qui vient naturellement à l'esprit est la suivante : les larves de petit ouvrier et petit soldat proviennent des petites larves indifférenciées à 15 articles antennaires; les larves de grand ouvrier et grand soldat proviennent des grandes larves indifférenciées à 15 articles antennaires.

Cette hypothèse s'est trouvée vérifiée par les faits suivants :

1° J'ai trouvé une vingtaine de mues à divers états montrant la naissance du petit soldat à partir d'une petite forme ouvrière. Au début de la mue on voit les longues mandibules du petit soldat pliées en zig-zag à l'intérieur des mandibules de la forme ouvrière... Puis la tête de l'insecte sort par l'arrière de l'ancienne chitine et les mandibules se déploient peu à peu. J'ai d'ailleurs rencontré toutes les mues que fait prévoir le schéma de développement exposé ici. Une seule me manque : c'est celle qui montrerait le passage de la grande larve à 15 articles antennaires au grand soldat blanc. Le calcul m'a indiqué que je n'avais pas encore assez ramassé de larves pour espérer la rencontrer.

2° Si l'on colore au carmin chlorhydrique le corps des larves à 15 articles antennaires, puis qu'on observe celles-ci en les plongeant dans un mélange à parties égales d'acide phénique et de chloroforme, on constate que les petites larves à 15 articles antennaires montrent régulièrement des glandes sexuelles rudimentaires. Les grosses larves n'en présentent au contraire que de faibles traces. Or des glandes sexuelles réduites à des cordons peuvent se reconnaître dans les larves de petit soldat et de petit ouvrier traitées de la même manière. Dans celles de grand ouvrier ou de grand soldat, il n'y a que de petits amas de cellules analogues.

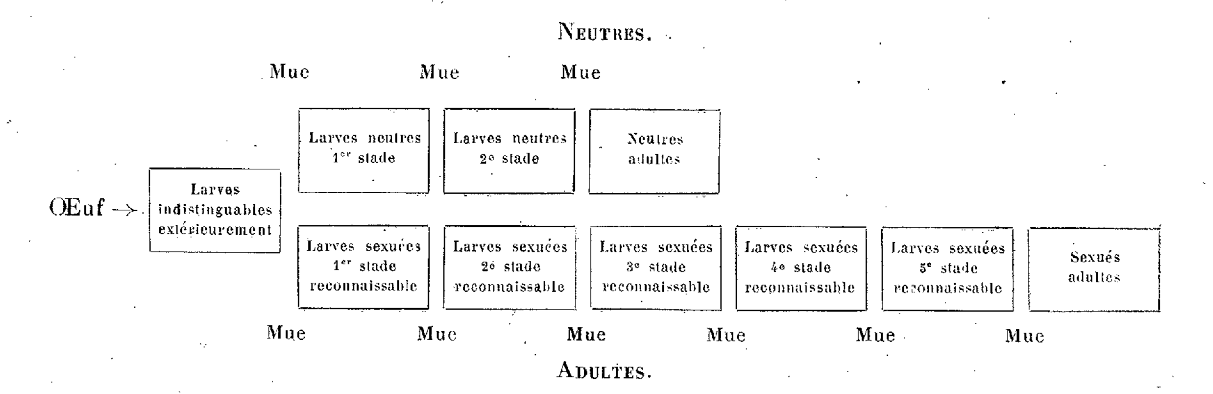
Les larves à 15 articles antennaires proviennent toutes de larves à 12 articles qui, elles, sont sorties de l'œuf.

Le développement des sexués est exactement le même que chez l'*Eutermes matangensis*.

Le développement du *Macr. gilvus* peut donc se figurer de la façon suivante :

Œuf. { Jeunes à 12 articles aux antennes...
→ Larves à rudiments d'ailes............ → Série de stades ailés et de mues aboutissant aux sexués adultes
→ Petites larves à 15 articles antennaires... → Petit ouvrier blanc → Petit ouvrier adulte; → Petit soldat blanc → Petit soldat adulte
→ Grandes larves à 15 articles antennaires... → Grand ouvrier blanc → Grand ouvrier adulte; → Grand soldat blanc → Grand soldat adulte

Si nous comparons ce schéma à celui donné pour le développement de l'*Eutermes matangensis* (¹) nous trouvons qu'il en diffère sur les points suivants : *a*. Les avant-derniers stades de chaque caste sont ici blanchâtres et non chitinisés. *b*. Tandis que la forme définitive du soldat de *Macrotermes gilvus* est réalisée dès l'avant-dernier stade, celle du soldat de l'*Eutermes matangensis* ne s'établit que dans la dernière mue. C'est une notable différence entre les soldats de Termites à grandes mandibules et les nasuti. *c*. A partir des larves d'éclosion à 12 articles antennaires il ne semble pas se produire ici autant de sortes de larves qu'il y a de castes. Mais il ne faut pas oublier que les deux catégories que j'ai séparées parmi les larves à 15 articles sont seulement celles que l'on peut distinguer à l'œil.



Il est probable que chacune d'elles se compose en réalité de deux groupes différant de nature mais d'aspect semblable. D'ailleurs les petites larves à 15 articles antennaires sont bien variables en taille et il me semble qu'on

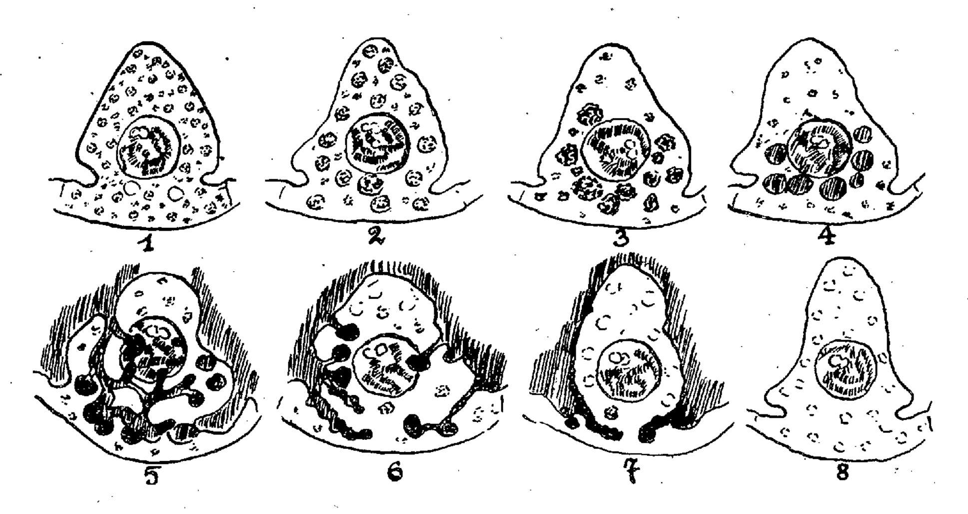
(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 483.

y pourrait encore reconnaître deux catégories distinctes. Je possède un certain nombre de faits qui me permettent de penser que, chez *Macrotermes gilvus*, les larves à l'éclosion ne sont elles-mêmes semblables qu'en apparence.

Le développement de ce dernier Termite est donc superposable à celui de l'*Eutermes matangensis*. Je suis porté à croire qu'il en est de même pour tous les Isoptères et que le schéma général du développement de ces insectes est celui représenté au bas de la page 611.

CYTOLOGIE. — *Observation vitale d'une cellule glandulaire en activité. Nature et rôle de l'appareil réticulaire interne de Golgi et de l'appareil de Holmgren.* Note (1) de MM. **Parat** et **J. Painlevé**, transmise par M. Henneguy.

L'étude du vacuome dans les glandes salivaires larvaires du Chironome, et de son évolution au cours du fonctionnement glandulaire est remarquablement facilitée par la coloration vitale au rouge neutre. Il suffit de faire vivre les larves dans une solution de ce colorant et d'extirper les glandes



à des moments variés ou de choisir des individus dépigmentés qui permettent l'examen à travers les téguments. On observe ainsi les stades de mise en charge et d'excrétion schématisés dans la figure ci-dessus.

(1) Séance du 15 septembre 1924.

a. Mise en charge. — Le rouge neutre diffuse d'abord dans le protoplasme, puis est fixé rapidement par de nombreuses vacuoles, petites, uniformément réparties dans la cellule; le colorant est alors précipité en petits cristaux (stade 1 de la figure). Les vacuoles augmentent de volume, les plus grosses étant le plus souvent au voisinage du noyau; celui-ci nous a paru à ce stade quelque peu turgescent; les chondriosomes ont subi un certain raccourcissement (stade 2). Les vacuoles au voisinage du noyau, bourrées de cristaux de rouge neutre, prennent l'apparence de grains mûriformes (stade 3). On voit enfin autour du noyau, mais principalement à la base de la cellule, des grains de sécrétion à contenu homogène, absolument semblables à ceux révélés par les techniques histologiques usuelles (stade 4). Tous ces stades sont observables sur les glandes non colorées, mais il est inutile d'insister sur la facilité de leur mise en évidence par le rouge neutre et sur la discrimination que permet cette coloration : on peut ainsi se rendre compte de la *formation des grains de sécrétion au sein même des vacuoles sans apport direct de substance par les chondriosomes*. La nature de l'intervention de ces derniers, de même que celle du noyau, ne peut encore être précisée. Nous avons pu cependant obtenir la réaction de Madelung sur le chondriome; celle de Hopkins pour le glutathion a été négative; le fer n'a pu être mis en évidence malgré un long démasquage.

b. Excrétion. — Nous avons rappelé dans la Note précédente la disposition des cellules glandulaires autour de la chambre excrétrice; cette chambre rayonne pour ainsi dire en donnant des canaux intercellulaires qui descendent *plus bas que le niveau du noyau dans chaque cellule.*

Or, au moment de l'excrétion on voit les grains de sécrétion se fluidifier, en quelque sorte, dans les vacuoles qui les renferment, confluer brusquement et dessiner au-dessous du noyau un magnifique appareil réticulaire, d'abord indépendant, mais qui vient bientôt s'aboucher dans les canaux intercellulaires en y vidant progressivement son contenu. Les vacuoles latérales peuvent excréter leur contenu directement dans les canaux (stade 5 de la figure). L'appareil réticulaire disparaît peu à peu, les canaux et la chambre excrétrice se gonflent au détriment des cellules (stade 6) qui déversent encore le contenu de vacuoles retardataires et diminuent passablement de volume (stade 7) jusqu'au moment de leur reconstitution (stade 8).

Nous nous sommes demandé si cet appareil réticulaire dessiné de façon si remarquable au moment de l'excrétion ne correspondait point à celui

décrit par Golgi. Or la technique de Da Fano et celle de Prenant-Kopsch *nous ont donné des images absolument superposables*. De plus, la méthode de Holmgren et celle de Bensley destinées à la mise en évidence de l'appareil « trophospongial », qui ont permis à deux éminents botanistes, Guilliermond et Mangenot, d'assimiler chez les végétaux l'appareil de Holmgren à l'appareil de Golgi et, qui plus est, au *vacuome*, nous ont donné des résultats comparables. Il est néanmoins certain que la « trophosponge » résulte d'une déformation considérable de l'appareil vacuolaire et qu'elle est bien plus un *artefact* que l'image de la réalité.

MM. **A. Kotzareff** et **J. de Morsier** adressent une Note intitulée : *Deux cas de cancer expérimental obtenus en* 16 *et* 17 *jours avec du goudron de houille ayant subi l'action d'un courant électrique.*

La séance est levée à $15^h 45^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant le deuxième trimestre 1924 qui n'ont pas été mentionnées sur la liste du premier trimestre. (*Suite et fin.*)

Proceedings of the indian Association for the cultivation of Science. Calcutta.
Proceedings of the national Academy of sciences. Easton.
Proceedings of the physico-mathematical Society of Japan. Tokyo.
Proceedings of the royal Society of Edinburgh. Edinburgh.
Proceedings of the United-States national Museum. Washington.
Pubblicazioni della stazione zoologica di Napoli. Milano.
Publicaciones del laboratorio y seminario matematico. Madrid.
Publications de la Faculté des sciences de l'Université Mazaryk. Brno.
Publications of the astronomical Observatory of the University of Michigan. Détroit.
Publications of the dominion astrophysical Observatory. Victoria.
Publications of the dominion Observatory. Ottawa.

Réforme (La) économique. Paris.
Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indie. Weltevreden.
Renseignements généraux sur le commerce des colonies françaises et la navigation. Paris.
Report of the national Academy of Sciences. Washington.
Report of the New-York meteorological Observatory. New-York.
Report on the danish oceanographical expeditions 1908-1910. Copenhagen.
Report on the public library system of Great Britain and Ireland. London.
Résultats des campagnes scientifiques ... par Albert Ier. Monaco.
Review of agricultural operations in India. Calcutta.
Revista de geografia colonial y mercantil. Madrid.
Revue algologique. Paris.
Revue des études indochinoises du tourisme. Saïgon.
Revue des questions scientifiques. Louvain.
Revue du Génie militaire. Nancy.
Revue internationale de l'Enseignement. Paris.
Revue internationale de la Croix-Rouge. Genève.
Revue maritime. Paris.
Revue universelle. Paris.

Rocznik towarzystwa naukowego Warszawskiego. Warszawa.
Rozpravy ceske Akademie ved a umeni. Praze.

School life. Washington.
Seismological Bulletin. Java.
Service des grandes forces hydrauliques (Résultats obtenus). Paris.
Service hydrographique de la Marine (Liste des signaux). Paris.
Service hydrographique de la Marine (Phares). Paris.
Smithsonian Institution. Bureau of american ethnology (Bulletin). Washington.
Société des ingénieurs civils de France (Annuaire). Paris.
Société roumaine des sciences (Bulletin des sciences mathématiques). Bucarest.
Spomenic serpsce cragebsce Academie. Belgrade.
Statistique de l'industrie minérale. Paris.
Sveriges officiella statistik. Socialstatistik. Stockholm.

Tables des marées. Paris.
Trabajos del laboratorio de histologia normal y patologica de la junta para ampliacion de estudios. Madrid.
Trabajos del Museo nacional de ciencias naturales. Madrid.
Transactions of the scientific Society of Turkestan. Tachkent.
Travaux de l'Académie nationale de Reims. Reims.
Travaux de l'Institut M. Nencki. Warszawa.
Travaux de la Station hydrobiologique sur le lac Wigry. Varsovie.
Travaux du laboratoire de biologie générale de l'Institut M. Nencki. Warszawa.
Treballs del Museu de Ciencies naturals. Barcelona.
Treubia. Buitenzorg.

Union sociale d'ingénieurs catholiques (Annuaire). Paris.
United States department of agriculture (Department Bulletin). Washington.

Veroeffentlichungen des magnetischen Observatoriums der finnischen Akademie des Wissenschaften. Sodankyla.

Wisconsin geological and natural history Survey (Bulletin). Madison.

Zpravy.... Rapports de l'Office de statistique de la République tchécoslovaque. Prague.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 OCTOBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Sur les expériences de la Courtine.* Note de M. P. VILLARD.

Les expériences de la Courtine ont un peu déçu les nombreux observateurs qui comptaient entendre à de grandes distances le bruit des explosions; on espérait en particulier pouvoir faire d'intéressantes constatations relativement aux zones de silence.

A la vérité les détonations se sont fait entendre à plus de 300^{km}, à Fontainebleau par exemple, mais très faiblement, et des instruments d'une sensibilité comparable à celle de l'oreille eussent été nécessaires pour déceler des bruits aussi faibles.

Par contre M. Deslandres, à Meudon (¹), et M. Dufour, à Paris (²), ont enregistré l'arrivée d'ondes aériennes d'amplitude notable; mais ces ondes étaient de fréquence extrêmement basse.

Sur le diagramme que M. Dufour a bien voulu me communiquer, on voit un tracé extrêmement net, indiquant un mouvement à peu près sinusoïdal, d'une durée totale de 3 secondes environ, et dont la période est voisine d'une seconde. Il s'agit donc d'un infra-son, situé à peu près à quatre octaves au-dessous de la note la plus grave que l'oreille puisse percevoir; quant aux ondes de fréquence audible, susceptibles de constituer un *bruit*, le diagramme n'en porte pas trace.

C'est là un fait qui paraît général : la déflagration d'une grande quantité d'explosif même très brisant semble produire, même à courte dis-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1647.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1741.

tance, des ondes où l'on ne trouve à peu près que de la basse fréquence. Le bruit constitue un phénomène accessoire dont l'importance est presque négligeable.

Voici, à ce sujet, deux observations que j'ai pu faire dans des conditions d'intensité qui rendaient à peu près inutile l'emploi d'un instrument :

I. Une explosion extrêmement violente a eu lieu devant moi, à 1800^m environ, dans une fabrique d'explosifs; une haute colonne de fumée mêlée de flammes s'est élevée presque instantanément à une hauteur qui m'a paru supérieure à 300^m, et 5 secondes environ après, la détonation est parvenue à mon oreille, très forte assurément, mais nullement assourdissante, et simplement comparable à un violent et bref coup de tonnerre.

Mais, en même temps, je reçus sur le visage un coup de vent très net, tout à fait semblable au souffle que donnerait un battement d'éventail. Ce rapide déplacement d'air n'était autre chose que la demi-onde comprimée d'un mouvement sonore de très basse fréquence, et dont l'amplitude était vraisemblablement de plusieurs centimètres, c'est-à-dire énorme comparativement à celle d'un bruit même intolérable.

Ce fut, à n'en pouvoir douter, cette onde longue, à grande amplitude, analogue à celle observée par M. Dufour, qui brisa le vitrail d'un chœur d'église à une cinquantaine de mètres de moi, en déterminant, entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, une différence de pression capable de faire céder le verre. Le bruit entendu n'avait certainement, pas plus qu'un très fort coup de tonnerre, une intensité suffisante pour produire un effet de ce genre.

II. Dans une autre circonstance j'ai pu observer, à une distance de 7^{km} environ, les effets d'une explosion considérable analogue à la précédente; averti par une première détonation j'avais, par mesure de précaution, entr'ouvert très légèrement la fenêtre de la pièce dans laquelle je me tenais, laissant cette fenêtre simplement jointe.

Lors de l'explosion à laquelle je fais allusion je n'ai entendu qu'un bruit très modéré, comparable peut-être, en plus grave, à celui que peut donner l'éclatement d'un obus de 20^{cm} à deux ou trois cents mètres, c'est-à-dire dans des conditions où le bris de vitres ou de glaces n'est pas à redouter.

Cependant, à quelques mètres de moi, les glaces d'un grand magasin ont été brisées, comme aussi quelques vitres dans le voisinage. Ceci supposait l'arrivée d'ondes à grande puissance; or ces ondes se sont décelées d'elles-mêmes par ce simple fait qu'à l'instant où j'entendais l'explosion ma fenêtre s'est ouverte d'une dizaine de centimètres sous la poussée de l'air extérieur, bien qu'il ne fît absolument pas de vent.

Comme pour la première explosion, il s'est produit une onde à très basse fréquence et tout à fait inaudible, mais de grande amplitude, un véritable coup de vent oscillant que je ne pouvais ressentir dans un local fermé, mais dont l'existence était révélée par le mouvement de la fenêtre. Selon toute vraisemblance celle-ci avait été poussée par la demi-onde condensée provoquée par le dégagement subit des milliers de mètres cubes de gaz produits par l'explosion; une fois ouverte elle ne donnait plus à la demi-onde dilatée consécutive une prise suffisante pour être refermée, et restait en place, enregistrant ainsi la première phase du phénomène.

On voit que les ondes dominantes produites par une puissante explosion sont, même à très courte distance, d'aussi basse fréquence que celles enregistrées à plusieurs centaines de kilomètres lors des expériences de la Courtine. Quant à la détonation proprement dite elle ne constitue qu'un phénomène secondaire d'importance relative négligeable.

Il n'est donc pas nécessaire, pour expliquer les résultats obtenus au mois de mai, de supposer que les ondes initiales d'abord courtes et de fréquences audibles, se sont transformées et allongées en se propageant au loin.

De telles modifications ne paraissent possibles que dans des conditions particulières et, surtout, après un long trajet. Rappelons à ce sujet qu'en 1886 MM. Violle et Vautier (1) ont observé que si l'on tire un coup de pistolet à l'entrée d'un long tuyau de $0^m,70$ de diamètre, ce qu'on entend après que le son a parcouru $12^{km},750$ n'est plus qu'un bruit sourd très faible, mais qu'en même temps on ressent un fort coup de vent, et cette poussée d'air est, au delà de cette distance, la seule chose que l'on perçoive,

Inversement les mêmes auteurs (2) ont observé que, dans des conditions analogues, le bruit fusant et sourd que donne la combustion d'un mélange de magnésium et de chlorate de potassium se transforme, après un trajet de 6^{km}, en une détonation brève semblable à un coup de pistolet.

Mais ce sont là des phénomènes se produisant dans le cas d'une propagation à l'intérieur d'un tuyau, et, au cours de leurs expériences d'Argenteuil, MM. Violle et Vautier (3) ont reconnu qu'avec un tuyau de 3^m de diamètre un son ne se transforme en poussée d'air inaudible qu'au delà de 23^{km}, alors qu'avec un diamètre de $0^m,70$, il suffisait de 6^{km} pour le même son (flûte d'orgue). A l'air libre on n'observerait peut-être rien de semblable.

Les deux observations que je rapporte plus haut montrent d'ailleurs qu'il n'y a nullement lieu de faire appel à de tels changements de fréquence; à 1800^m du lieu de l'explosion aussi bien qu'à 7^{km}, l'onde de basse fréquence existe déjà, se traduisant par un coup de vent rapide, et il est fort probable que, plus près, il en est encore de même.

Il paraît tout à fait certain que les effets mécaniques, tels que bris de glaces et de vitres, qu'on observe au voisinage et jusqu'à quelques kilomètres d'une forte explosion, ne peuvent être attribués qu'à des ondes

(1) *Comptes rendus*, t. **102**, 1886, p. 103.
(2) *Comptes rendus*, t. **121**, 1895, p. 51.
(3) *Comptes rendus*, t. **120**, 1895, p. 1402.

beaucoup plus longues que celles que l'oreille peut percevoir. Ce qu'on entend, c'est-à-dire la détonation, est, même à moins de 2^{km}, hors de proportion avec ce qui serait capable de produire des dégâts matériels appréciables. Étant donnée l'extrême sensibilité de l'oreille, un bruit assez fort pour briser une vitre, mais ne comportant que des ondes audibles, serait d'une violence absolument intolérable, ne ressemblant en rien à la détonation modérée qu'on entend lors d'une explosion, à une distance où l'on voit cependant des vitres se briser.

Par contre on peut, au laboratoire, avec de très petites quantités d'explosif, ou simplement du gaz tonnant, produire des détonations extrêmement bruyantes, sans cependant qu'il en résulte d'effets mécaniques appréciables.

On peut penser que, dans le spectre sonore d'une explosion, la longueur d'onde correspondant au maximum d'énergie augmente avec la masse d'explosif employé, et il serait utile de vérifier ce fait.

Si l'on se propose de faire de nouvelles expériences analogues à celles du mois de mai dernier, il conviendra d'observer surtout les ondes de basse fréquence, dont la portée est d'ailleurs supérieure à celle des ondes courtes, et il sera fort intéressant de rechercher si, pour ces sons ultra graves, il existe des zones de silence.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de **Pierre Lesne**, intitulé : *Les Coléoptères bostrychides de l'Afrique tropicale française*, dont il a écrit la Préface.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 26 suffrages, M. **Émile Picard** est réélu membre de la Commission administrative de la *Fondation Carnegie*.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont réélus membres du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La Flore du Mayombe, d'après les récoltes de M. Georges Le Testu*, par Fr. Pellegrin. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° Spedizione italiana de Filippi nell' Himalaia, Caracorùm e Turchestàn cinese (1913-1914). Serie II, vol. VIII : Giotto Dainelli. *Le condizioni delle genti.*

OPTIQUE. — *Le mécanisme de la projection de la lumière dans les étoiles doubles.* Note de M. **G. Sagnac**, présentée par M. Daniel Berthelot.

On a vu [1] comment on peut établir une classification scientifique des étoiles doubles d'après la projection de l'énergie lumineuse, qui est liée à la gravitation universelle.

Considérons d'abord le *type symétrique* dont β Lyre se rapproche beaucoup. Beloposky a choisi l'un des deux astres de β Lyre dont les vitesses radiales à leur maximum sont les vitesses inverses successives rapportées : $-191^{km},5$ et $+179^{km},2$.

1. *L'évidence des phases successives au départ de l'étoile.* — A partir du o initial de la vitesse radiale et du o final de la période de 12,908 jours, il est clair que c'est à $\frac{1}{4}$ de cette phase, tout l'été de 1897, que part le premier de nos deux signaux périodiques (— 191,5), vitesse opposée au Soleil; et que, de même, à $\frac{P}{2}$, à la fraction $\frac{3}{4}$ de P, part le second signal ($+179^{km},2$ à la seconde). Les deux directions s'accordent entre elles : celle du temps de lumière ou de la distance de l'astre au Soleil et celle de la seconde vitesse maximum vers le Soleil. Cet ordre s'oppose à ce que notre découverte de la projection de l'énergie soit remplacée par une *rétrogradation*. C'est *a priori* que très souvent, avant nous, ces définitions étaient interverties.

2. *Vérification de la loi de la projection de l'énergie.* — Beloposky a

---

[1] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 437.

observé l'heure d'arrivée de notre premier signal à 3,25 jours, et celle du second à 10,17 jours. La différence est 6,92 jours, exactement une demi-période. Cette coïncidence des *demi-périodes* régulières avec la différence de *phase*, nettement établie au départ des signaux et à leur arrivée, va être portée réellement à la valeur de la *durée* 12,908 jours de cette période entière.

Nous en déduisons le temps de lumière 100,1 ans, à un millième près. D'où résultent les deux calculs suivants : le retard de (— 23,31 jours) pour le premier signal dirigé à l'opposé du Soleil, et l'avance de (+ 21,50 jours) pour le second. La somme de ces effets inverses de projection est sept demi-périodes de 6,4 jours, à 0,3 près. Cette variation de durée se complète par la différence P, exacte à un millième près, des deux valeurs des durées de propagation. Tel est le caractère harmonieux des liaisons mécaniques de la gravitation et de la projection.

3. *Il n'y a pas d'interversion de la projection de l'énergie vers le Soleil.* — Des calculs illusoires ont voulu établir cette interversion relative de nos deux directions concordantes, calculées dans notre paragraphe 1. En voici les conséquences : il y aurait deux oscillations incohérentes dans leurs phases et donnant par leur superposition un ensemble fortement excentré ; notre intervalle constant des deux signaux serait altéré arbitrairement ; et, par suite, il n'y aurait plus de méthode de classification scientifique des étoiles doubles.

4. *Le type dissymétrique extrême δ Céphée.* — Astre brillant, associé à un compagnon sombre. La vitesse de translation, $+19^{km},7$ à la seconde, se combine avec la même vitesse sur l'orbite, dirigée aussi vers le Soleil ; et l'avance est positive avec la vitesse totale $+39^{km},4$ à la seconde. Alors la courbe des vitesses va de 0 à 0 par ce maximum, dirigée, dans son ordonnée positive, vers le Soleil. Ce maximum est exactement au milieu de la période déjà calculée par les variations d'éclat, qui est de 4,97 jours. Quant aux zéros rigoureux de la vitesse radiale, c'est à une demi-période du maximum que la vitesse sur l'orbite se retourne et annule l'invariable translation (1).

(1) Pour le *type intermédiaire*, nous renvoyons à nos deux Notes où Y Sagittaire est étudié et ressemble à δ Céphée. Le temps de lumière de l'unique astre brillant y a été déterminé à 136 ans à ±2 ans près, par la correspondance classique de son éclat ; avec β Lyre nous avons d'abord employé cette méthode qui exige de tenir compte des deux astres brillants et trouvé seulement l'ordre de grandeur de 85 ans. C'est ce qui justifie notre abandon d'un temps environ deux fois trop petit, et ainsi est motivé notre temps de lumière de 100 ans, par la duplication nécessaire faite ici. *L'inter-*

5. *La classification devient encore impossible avec le photomètre.* — Il est impossible de supprimer le mouvement de la Terre qui varie d'un jour à l'autre. Deux courbes d'éclat observées à deux jours différents de l'année sont *incohérentes* à la descente. Dans l'ouvrage d'André (t. II, p. 270), la courbe des éclats de δ Céphée de Schur monte de son minimum à son maximum d'éclat en 1 jour 14 heures et décroît régulièrement; mais la courbe d'Argelander remonte à un maximum secondaire, après avoir subi une inflexion que Oudemans place 3 jours après le grand maximum. Enfin Schur trouve cette altération de la courbe d'Argelander beaucoup moins accentuée que ses prédécesseurs. Le minimum $4^e,9$ grandeur est atteint 3 jours, 19 heures après le premier maximum de la $3^e,7$ grandeur. Cela fait 1,71 jour et 3,26 jours. Et voilà l'énorme raccourcissement qui est nul, pour la courbe symétrique de l'oscillation de chaque raie dans le spectre.

La nécessité d'utiliser la géniale invention de Fizeau, associant le télescope au spectroscope, est seule capable de renouveler la Physique céleste.

PHYSIQUE DES RADIATIONS. — *Sur le rôle de l'ionisation dans les piles à liquide fluorescent.* Note de M. A. **Grumbach**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai montré antérieurement [1] quel était le rôle de l'adsorption dans les éléments photovoltaïques à liquide fluorescent ou simplement absorbant. De nouvelles expériences ont porté sur le sel de potassium d'un acide fort; elles mettent en évidence la généralité des phénomènes déjà décrits et, d'autre part, la nécessité de faire intervenir la dissociation électrolytique dans la théorie de la production de la force électromotrice d'adsorption.

Les solutions limpides et fluorescentes du sel de potassium du monosulfofluorène préparé à l'état de pureté par MM. Courtot et Geoffroy [2] pos-

version est encore éliminée : l'ascension du o au maximum (— 36^{km} à la seconde) de Y Sagittaire est donnée par la loi de projection de la lumière de 0,47 de la période; or l'interversion *a priori* donnerait 0,53, ce qui est démenti par l'observation qui vérifie notre prévision exacte. Nous rappelons que notre note éliminait la relativité générale qui efface toutes les variations du premier ordre, celle du principe de Fizeau, et celle de notre projection de l'énergie de radiation qui est énorme, et nous avons dit que cette théorie est une illusion générale, ce que Henri Poincaré avait annoncé dès 1906.

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 395.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2259.

sèdent, au point de vue qui nous intéresse, les mêmes propriétés que les solutions déjà étudiées : superposition de deux forces électromotrices de sens contraire, changement de signe de l'effet résultant si la concentration est relativement grande (de l'ordre de 10^{-7} mol-gr-cm³), disparition progressive de la force électromotrice de Becquerel à mesure que la dilution augmente. On obtient ces résultats en faisant converger le faisceau lumineux sur une des électrodes; au contraire, si l'on masque celle-ci avec un petit écran de papier noir, le liquide étant éclairé à son voisinage, la force électromotrice négative apparaît seule, même à une concentration de $2^g,5$ par litre ($8,79.10^{-6}$ mol-gr-cm³), tandis que l'illumination directe de l'électrode fournit une force électromotrice qui reste longtemps positive.

Dans le cas actuel, les ions qui ont subi la transformation photochimique jouent certainement un rôle essentiel dans la production de la force électromotrice d'adsorption; le phénomène est très atténué quand la solution au même titre global en fluorènesulfonate de potassium contient de la potasse. Je citerai comme exemple un groupe de deux expériences faites dans les mêmes conditions d'éclairement. Une des électrodes de platine, placée de front, se trouve dans l'axe du faisceau lumineux émanant de l'arc à mercure après passage à travers une lame et une lentille de verre et une cuve remplie d'eau. Le centre de l'image de l'arc coïncide avec l'extrémité de l'électrode.

Le premier tableau correspond à une solution aqueuse contenant $0^g,00384$ de sel de potassium du sulfofluorène par litre, le second à une solution au même titre global en matière active, mais contenant $29^g,2$ de potasse par litre. La concentration moléculaire de la matière organique est ainsi $1,35.10^{-8}$ mol-gr-cm³.

I.

Temps.	Force électromotrice (en millivolts).	Temps.	Force électromotrice (en millivolts).
m s		m s	
0.00	0	35.30	−11,3
5	− 3,4	40.30	−12,0
7	− 4,6	45	−12,3
8	− 4,9	51	−12,7
9.45	− 6,1	55.30	−13,0
12	− 6,6	59.30	−13,2
14	− 7,1	70.30	−13,9
20	− 8,5	74.30	−14,0
23	− 9,1	79	−14,4
26	− 9,5	82	−14,5
33	−11,0	85	−14,6

II.

Temps.	Force électromotrice (en millivolts).	Temps.	Force électromotrice (en millivolts).
0.00 m s	0	38.45 m s	−5,8
4	−3,1	44	−6,9
6	−3,7	50.45	−7,2
9	−4,4	56	−7,7
13.30	−4,7	60	−7,9
15	−4,9	66.20	−8,2
16.30	−5,3	75.20	−8,6
20.30	−5,5	79	−9,0
26	−5,5	85.30	−9,5

La dilution étant grande, l'électrode éclairée est négative; les courbes relatives aux solutions alcalines telles que II présentent un palier très net, tandis que la courbe I possède seulement deux points d'inflexion très rapprochés dus au faible phénomène positif.

La transformation photochimique est ici d'un caractère assez simple; en effet, la solution du sel de sulfofluorène exposé à la lumière s'oxyde légèrement en donnant une faible quantité du dérivé correspondant de la sulfofluorénone qui n'est pas fluorescent. Il importe de remarquer que, suivant les idées de Langmuir et de Harkins, la substitution du groupement cétonique au groupement CH^2 peut modifier l'orientation des molécules ou des ions adsorbés; il est donc possible de faire intervenir la constitution du corps actif dans l'explication du phénomène.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Utilisation du combinateur grapho-mécanique pour de nombreux problèmes de physique usuelle.* Note [1] de M. **Charles Lafon**, transmise par M. d'Ocagne.

Dans les laboratoires, on a fréquemment à résoudre un des deux problèmes suivants :

a. Déterminer la résistance d'un fil, d'une bobine, d'un galvanomètre, etc.

b. Déterminer la résistance intérieure d'une pile.

La résolution de ces problèmes exige de petits calculs dont notre combinateur mécanique [2] fournit instantanément le résultat.

---

(1) Séance du 22 septembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1421.

On détermine souvent la résistance inconnue ρ en l'intercalant dans un circuit comprenant une pile, une résistance connue et un électromètre. En comparant les potentiels V_1 et V_2 indiqués par l'électromètre, on obtient ρ par une formule facile à démontrer en appliquant les lois de Kirchhoff.

Cette formule est

(1) $$\rho = R\frac{V_2}{V_1 - V_2}.$$

On peut aussi mettre un galvanomètre en circuit, d'abord avec une résistance R connue (sans shunt) et noter la déviation δ. Ensuite, shuntant l'appareil (résistance du shunt S), on détermine quelle est la résistance R' qui permet d'obtenir la même déviation δ.

La formule

(2) $$G = \frac{R' - R}{R}S$$

donne la résistance du galvanomètre.

S'il s'agit de déterminer la résistance intérieure d'une pile, on emploiera souvent le procédé qui consiste à charger un condensateur puis à faire décharger celui-ci en notant la déviation δ_1 d'un galvanomètre intercalé dans le circuit de décharge.

On shunte ensuite la pile dont on cherche la résistance ρ (résistance du shunt s) et l'on note la nouvelle déviation δ_2 du galvanomètre.

ρ sera donnée par la formule

(3) $$\rho = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta}s$$

analogue, quant à la forme, aux formules (1) et (2).

La résolution numérique de ces formules peut être donnée très simplement, sans faire la moindre écriture, par le procédé suivant :

Les règles mères de notre combinateur étant disposées suivant OA et OB, on disposera deux réglettes secondaires parallèles CD et EF, telles que les segments interceptés sur elles par les côtés de l'angle $\widehat{AOB}$ aient pour longueur :

EF $= R'$ [formule (2)] ou δ_1 [formule (3)];

GD $= R$ [formule (2)] ou δ_2 [formule (3)].

La position du curseur C sera déterminée par la condition

$$OC = s.$$

Dans ces conditions la longueur CE donnera la valeur de la résistance

cherchée [G dans le cas de la formule (2) et ρ dans le cas de la formule (1)].

On sait que pour disposer les réglettes CD et EF parallèlement, dans une direction quelconque, il suffit, dans notre combinateur, de relier deux curseurs (D et D' par exemple) placés sur chaque règle à la même graduation.

On relie ces deux curseurs par une règle DD', dont on a placé les curseurs à des graduations telles qu'on ait $DD' = EC$. On obtient ainsi un parallélogramme articulé.

Dans le cas de la formule (1), on séparera les deux règles mères, l'une de celles-ci étant disposée suivant BO, on placera les curseurs E et C sur cette règle de telle façon qu'on ait

$$EC = R.$$

On disposera ensuite deux réglettes parallèles EF et CD sur lesquelles on prendra respectivement les longueurs

$$EF = V_1, \quad CD = V_2.$$

En orientant enfin suivant FD la deuxième règle mère, on déterminera le point d'intersection O' des deux grandes règles, et l'on aura $CO' = \rho$, ce qui résoudra le problème.

Les calculs sont ainsi supprimés.

Certains problèmes relatifs à la décharge des condensateurs dans des circuits offrant des résistances variables sont résolus tout aussi simplement au moyen de notre appareil mécanique.

Le procédé indiqué ci-dessus permettra, le plus souvent, de résoudre numériquement, sans calcul, les équations linéaires très simples qu'on rencontre fréquemment en physique.

D'une façon plus générale, le tracé des diagrammes point par point, après certaines expériences de laboratoire, peut être grandement facilité par l'emploi du combinateur.

Nous avons, en effet, muni de petits stylets porte-mines les curseurs des réglettes mobiles de l'appareil. Le tracé des points d'un diagramme est ainsi très rapide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les effets des dilutions sur les colloïdes.* Note (¹) de M. W. **Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

En déterminant les constantes physico-chimiques du sérum sanguin nous avons vu que les sérums dilués possèdent une conductivité sensiblement plus grande que ne la laissait prévoir la règle de dissociation électrique. Nous avons alors entrepris des recherches pour examiner si ce phénomène se retrouve dans les colloïdes en général.

Voici quelques résultats obtenus avec des colloïdes non dialysables, résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.

Nos.	Substances.	Concentration.	Signe électrique.	Conductivité électrique (en 10^{-4} à des dilutions). 1.	2.	4.
1.	Sérum normal de cheval	pur	Amphotère	110,7	59,9	33,6
2.	Albumiue d'œuf	5 %	Id.	39,5	22,5	11,6
3.	Hémoglobine	1 %	Électropositive	33,5	17,6	9,2
4.	Arsenobenzène	2 %	"	118,0	72,4	42,0
5.	Collargol	1 %	Électronégatif	3,1	1,9	1,1
6.	Électrosol d'argent dialysé	0,4 ‰	Id.	2,0	1,2	0,7
7.	Électrosol d'or dialysé	0,1 ‰	Id.	1,3	0,75	0,4
8.	Hydrosol de silice (Grimaux)	pur	Amphotère	47,9	24,3	12,2
9.	Hydrosol d'hydroxyde de fer	pur	Électropositive	10,9	6,2	3,9
10.	Violet de Paris	1 ‰	Amphotère	2,0	1,2	0,6
11.	Vésuvine	1 ‰	Électronégative	13,0	7,0	3,7

Observations. — 6. Non stabilisé; — 7. Stabilisé; — 8, 9, 10, 11. Dialysé.

Lorsqu'on compare ces chiffres avec ceux de la conductivité électrique des électrolytes à des concentrations telles que leur dissociation soit pour ainsi dire totale, on constate que les colloïdes et, à plus fortes mesures encore, les complexes *organo-métalliques* deviennent plus ionisés par le fait d'une dilution avec de l'eau distillée.

Cette conclusion jette une lumière intéressante sur la nature *physico-chimique* de l'union entre les molécules et les ions dans les cas précités : elle semble démontrer d'une façon péremptoire qu'il est impossible d'envi-

(¹) Séance du 15 septembre 1924.

sager cette union comme une simple réaction chimique, réglée par les lois de l'affinité et de la valence.

Au point de vue *biologique*, cette libération des ions, lors des dilutions des réactifs de nature colloïdale ou organo-métallique doit être sérieusement prise en considération.

En *médecine* il explique bien les troubles pathologiques, consécutifs à l'introduction dans l'organisme des colloïdes et des solutions dites « physiologiques » qui n'ont de commun avec la nature physico-chimique et chimique des humeurs que leurs noms.

Nous avons mesuré la conductivité des nombreuses urines pures et diluées et nous avons constaté que l'urine normale, ne contenant pas de colloïdes et d'albumine en particulier, se comporte vis-à-vis des dilutions successives comme un électrolyte, mais qu'en présence d'albumine la conductivité d'une urine diluée augmente. Cette question fait actuellement l'objet de recherches détaillées, afin d'élaborer une méthode de diagnostic facile et sûre pour dépister la présence des colloïdes dans l'urine.

En *thérapeutique* le fait signalé doit orienter les chercheurs vers la préparation d'un « sérum isotonique » tel qu'en sa présence l'équilibre des humeurs ne soit pas troublé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés du dimolybdomalate d'ammonium.* Note de MM. E. **Darmois** et A. **Honnelaitre**, présentée par M. A. Cotton.

L'un de nous a décrit, dans diverses publications ([1]), les sels obtenus par combinaison de l'acide molybdique, de l'acide malique et de l'ammoniaque. Le dimolybdomalate d'ammonium en particulier est fortement dextrogyre, et possède une dispersion rotatoire caractéristique. D'autre part, c'est un sel acide présentant une stabilité maxima aux environs de $P_H = 3,5$. Les acides produisent dans ses solutions une baisse considérable de pouvoir rotatoire, proportionnelle en gros à la force de l'acide; les acides forts permettent d'arriver à une rotation gauche constante, indépendante de l'addition ultérieure d'acide ([2]).

I. Si à une solution ainsi acidulée (par HCl) on ajoute des quantités croissantes d'une base (NaOH), le pouvoir rotatoire augmente et reprend

([1]) Par exemple, *Journal de Physique*, 6e série, t. 4, 1923, p. 49.

([2]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1062.

des valeurs positives considérables. Nous avons ainsi préparé une série de solutions contenant toutes, dans le même volume, la même quantité de sel et d'acide et des quantités croissantes de soude et nous avons mesuré le pouvoir rotatoire et le P_H des solutions. La rotation passe par un maximum très aigu, atteint au moment précis où la base neutralise exactement l'acide ajouté. Le pouvoir rotatoire, la dispersion, le P_H lus à ce moment sont ceux du dimolybdomalate d'ammonium. On peut donc conclure : 1° que ce sel n'est pas détruit par action de l'acide, mais que celui-ci déplace simplement un équilibre qui se rétablit quand l'acide est neutralisé ; 2° qu'*il est possible d'employer le sel comme indicateur de neutralisation*. Le procédé est très sensible. Exemple : 20^{cm^3} de solution contiennent $0^g,4$ de sel, 5^{cm^3} de HCl 1,187 norm. et x^{cm^3} de NaOH 1,1 norm. Le tableau suivant donne les rotations α sous 2^{dm} pour la raie verte du mercure :

x.....	4,0.	5,0.	5,20.	5,30.	5,35.	5,45.	5,50.	5,60.	5,80.	6,00.
α.....	5,93	8,56	9,18	9,53	9,545	8,92	8,25	7,46	6,02	4,74

La courbe $\alpha = f(x)$ se confond près du maximum avec deux droites; leur intersection a lieu pour $x = 5^{cm^3},36$ (calculé 5,38).

II. Certains acides produisent un abaissement de pouvoir rotatoire plus considérable que celui qu'on pourrait prévoir d'après leur constante d'affinité. Un exemple très net est donné par l'acide oxalique. Moins dissocié que HCl, il a une action plus énergique. Le tableau ci-dessous donne les rotations sous 2^{dm} (pour la raie jaune du mercure) de solutions contenant dans 100^{cm^3}, 2^g de sel et $\frac{y}{1000}$ équivalents d'acide :

y....................	0,0.	0,8.	1,6.	2,0.	2,4.	2,8.	3,2.
α_J................	8,32	4,33	0,975	−0,20	−0,91	−1,10	−1,02

La rotation atteint un maximum lévogyre; la solution à ce moment a la dispersion des complexes lévogyres. Si l'on évapore la solution correspondante, elle dépose un sel de formule MoO^3, C^2O^4HAm, un oxalomolybdate d'ammonium. On doit admettre que le sel droit, bien que faiblement dissocié, est en équilibre en solution avec MoO^3 et le complexe lévogyre. L'acide oxalique, susceptible de se combiner à MoO^3, déplace cet équilibre; le déplacement est très net à cause de la grande stabilité du complexe oxalomolybdique. L'oxalate d'Am donne des résultats analogues; l'acide phosphorique et les phosphates également. Ces actions semblent bien particulières aux corps qui peuvent former des combinaisons avec

MoO^3. Dans le but d'étendre ces observations, nous avons essayé l'action d'autres classes de corps.

a. Acides-alcools. — Les acides citrique, lactique, tartrique et phénylglycolique (ces trois derniers sous la forme racémique) ont une action très importante.

Voici quelques nombres pour l'acide phénylglycolique :

y........	0,0.	0,5.	1,0.	1,5.	2.	2,5.
α_J........	8,32	5,18	2,58	0,79	—0,30	—0,71

On a déjà signalé l'action du molybdate d'Am sur le pouvoir rotatoire de l'acide lactique (Herzog et Slansky) et de l'acide tartrique (Gernez); nous avons vérifié que l'acide phénylglycolique gauche donnait avec MoO^3 une combinaison dextrogyre.

L'acide β-oxybutyrique produit une variation de pouvoir rotatoire très faible, de l'ordre de celle de l'acide acétique. Les variations considérables seraient donc caractéristiques des α-oxyacides.

b. Polyalcools. — La mannite donne une variation très forte $\left(\frac{y}{1000}\right.$ de $\left.\text{molécule}\right)$:

y..............	0,0.	0,5.	1,0.	1,5.	2,0.
α_J............	8,32	3,96	2,14	1,35	0,95

On sait qu'elle donne avec MoO^3 une combinaison dextrogyre (Tanret).

c. Polyphénols et acides-phénols. — La pyrocatéchine déprime considérablement le pouvoir rotatoire. La solution se colore en grenat foncé, couleur signalée par Stahl qui l'a observée avec les molybdates et les corps renfermant 2 OH en ortho (¹). Les mesures ont été ramenées à 2^{dm}; y désigne les $\frac{1}{1000}$ de molécule de phénol.

y...........	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
α_J..........	8,32	5,95	3,98	1,80	0,57	0,00

Le pyrogallol, l'acide gallique et le gallate d'éthyle ont une action analogue; la résorcine, l'hydroquinone et la phloroglucine une action rigoureusement nulle. L'acide salicylique ne donne qu'une variation faible, de l'ordre de celle qu'on peut attendre d'après sa constante d'affinité (²).

(¹) *D. chem. Ges.*, t. 25, 1892, p. 1600.

(²) Weinland et Zimmermann (*Zeits. f. anorg. Chem.*, t. 108, 1919, p. 248) ont signalé quelques combinaisons de MoO^3 avec l'acide salicylique.

L'action serait donc spécifique des phénols possédant deux OH en ortho.

En résumé, le *dimolybdomalate d'ammonium est un réactif des corps susceptibles de se combiner à l'acide molybdique;* ces corps y produisent de fortes variations de pouvoir rotatoire. Les résultats précédents doivent être rapprochés de ceux que Boeseken a établis dans une longue série de recherches où il emploie l'acide borique comme réactif des corps possédant deux groupements OH voisins (¹). Peut-être moins générale que celle de cet auteur, la méthode précédente est d'un emploi beaucoup plus simple.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation électrolytique du cuivre, de l'antimoine, du bismuth d'avec le plomb.* Note de M. **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Pour séparer le plomb d'avec le cuivre, l'antimoine et le bismuth, il est convenable d'opérer en milieu chlorhydrique en présence d'un réducteur dont le meilleur paraît être le chlorhydrate d'hydroxylamine, ainsi que l'ont montré E.-P. Schoch et D.-J. Brown (²). Ces auteurs utilisent un milieu peu acide, 5 pour 100 HCl, d. = 1,19. Nous avons reconnu que dans ces conditions le dépôt de plomb était toujours surchargé, vraisemblablement par précipitation d'hydrate. Une acidité de 10 pour 100 est encore insuffisante et ce n'est qu'avec 15 à 20 pour 100 d'acide chlorhydrique concentré que le dépôt est correct. En employant l'appareil que j'ai décrit (³) le potentiel auxiliaire doit être de 440 millivolts, pour un dépôt quantitatif, le volume de l'électrolyte étant de 200^{cm^3} et la température 50°-60°; 1 à 2^g de chlorhydrate d'hydroxylamine sont suffisants. Il est possible de remplacer une partie de l'acide chlorhydrique par l'acide azotique ou par l'acide fluorhydrique, remplacement nécessaire dans certains cas, soit pour l'attaque de l'alliage, soit pour la séparation du plomb et de l'étain. L'acide azotique a pour effet d'amener un dépôt cristallin de plomb qu'il est parfois difficile de peser sans perte. L'acide fluorhydrique employé en faible proportion (2,5 pour 100 d'acide concentré) fournit un beau dépôt, gris de fer, très adhérent. Il est recommandable d'utiliser en toute circonstance l'acide fluorhydrique en vue d'obtenir un dépôt irréprochable que l'acide chlorhydrique seul ne fournit pas toujours. Dans ce cas,

(¹) *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, t. 40, 1920, p. 553 et 578.

(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, t. 38, 1916, p. 1660.

(³) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1114.

pour un dépôt total, le potentiel auxiliaire descend à 400 millivolts. Il est à noter qu'on peut, sans inconvénient, manipuler les solutions fluorhydriques étendues, même chaudes, dans des vases de verre. L'attaque de ceux-ci est suffisamment faible pour ne diminuer en rien leur temps normal de service.

Séparation bismuth-plomb. — Schoch et Brown (*loc. cit.*) ont réalisé cette séparation, par potentiels gradués, en milieu chlorhydrique. Engelenburg [1] a récemment déclaré que la séparation était mauvaise, le bismuth manquant d'adhérence sur la cathode. Nous avons reconnu qu'en milieu chlorhydrique, pour obtenir un dépôt adhérent, il fallait opérer à un potentiel auxiliaire trop bas pour avoir une précipitation quantitative. Pour réaliser celle-ci, on est contraint d'élever de telle façon le potentiel auxiliaire qu'il y a formation d'hydrure, d'où surcharge dans les rares cas, où le dépôt a une adhérence suffisante pour être pesé. Un beau dépôt de bismuth est obtenu en milieu nitrique ou nitro-chlorhydrique, en présence de chlorhydrate d'hydroxylamine, le potentiel auxiliaire étant de 200 à 240 millivolts ; quant au plomb il se dépose fort bien en cathode d'une solution nitrique en présence d'hydroxylamine, l'adhérence est parfois médiocre, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Séparation cuivre-plomb. — Cette séparation ne présente aucune difficulté. Elle a lieu en milieu chlorhydrique en présence de chlorhydrate d'hydroxylamine, comme il a été indiqué ci-dessus. Le cuivre est complètement déposé à un potentiel auxiliaire de 240 millivolts.

Séparation antimoine-plomb. — L'antimoine à l'état de trichlorure est déposé d'une solution chlorhydrique, en présence d'hydroxylamine sous forme d'un dépôt noir de mauvaise adhérence. Avec l'antimoine au maximum d'oxydation, au contraire, le dépôt est excellent.

L'antimoine est entièrement déposé pour un potentiel auxiliaire de 240 millivolts. Quant au dépôt du plomb, il ne commence sur cathode de platine ou sur cathode recouverte d'antimoine que pour un potentiel auxiliaire de 350 millivolts. Il y a d'ailleurs entre les potentiels de dépôt de l'antimoine et du plomb, la même différence qu'entre ceux du cuivre et du plomb, et la séparation semble possible sans difficulté. En réalité elle n'a lieu que pour de faibles concentrations en plomb : moins de $0^{g},200$ de plomb par 100^{cm^3} d'électrolyte. Au delà de cette concentration, on observe toujours un entraî-

---

(1) *Zeit. anal. Chem.*, t. 62, 1923, p. 257.

nement de plomb par l'antimoine. Dans ce cas, il faut redissoudre le dépôt et renouveler la séparation. En pratique il convient d'opérer avec une concentration en plomb qui permette d'éviter l'entraînement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide bromhydrique sur quelques alcools tertiaires.* Note de Mme **Pauline Ramart**, présentée par M. A. Haller.

Ainsi que l'ont montré MM. Couturier (1), Eltikoff (2), Tissier (3), Richard (4), Michael (5) etc., certains éthers halogénés du type

$$(CH^3)^3 \equiv C - CHX.R \quad \text{et} \quad (CH^3)^2CH - CH^2X$$

subissent facilement des modifications de structure pour donner des composés isomères dans lesquels l'atome d'halogène a permuté, soit avec un atome d'hydrogène, soit avec un radical monovalent. Ces éthers halogènes de transposition sont ensuite susceptibles de perdre une molécule d'hydracide pour former des carbures non saturés correspondants. Ces transformations peuvent être représentées par les schémas suivants :

$$(CH^3)^2 = CH.CH^2X \rightarrow (CH^3)^2CX - CH^3,$$

$$(CH^3)^3C.CHXR \rightarrow (CH^3)^2CX - CH\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown R\end{matrix} \rightarrow (CH^3)^2C = C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown R\end{matrix}$$

$$(R = H, CH^3;\ X = \text{halogène}).$$

Or il suffit de traiter ces alcools par une solution de HBr dans de l'acide acétique cristallisable, en maintenant le mélange à une température de 40°-50° pendant une demi-heure, pour obtenir quantitativement des carbures qui ont été identifiés avec ceux que l'on obtient par la déshydratation directe des carbinols.

Les expériences ont porté sur les composés suivants : le diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1, le phényl-1-anisyl-1-diméthyl-2.2-propanol-1, le

(1) Couturier, *Ann. de Phys. et Chim.*, 6e série, t. **26**, 1892, p. 467.

(2) Eltikoff, *Deutsch. Chem. Gesells.*, t. **6**, 1873, p. 1258.

(3) Tissier, *Ann. de Phys. et Chim.*, 6e série, t. **29**, 1893, p. 361.

(4) Richard, *Ibid.*, 8e série, t. **21**, 1910, p. 323-406.

(5) Michael, *Ann.*, t. **393**, 1912, p. 88, 106, 107.

phényl-1-naphtyl-1-diméthyl-2.2-propanol-1 (1) et le triphényl-1.1.3-diméthyl-2.2-propanol-1. Les résultats obtenus peuvent être représentés par les schémas :

$$(C^6H^5)^2\underset{\substack{|\\OH}}{C} - C \equiv (CH^3)^3 \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>C - C\!\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^2\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3OC^6H^4\end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\OH}}{C} - C \equiv (CH^3)^3 \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\CH^3OC^6H^4\end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\CH^3}}{C} - C\!\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^2\end{matrix}.$$

M. Blaise a également observé plusieurs cas de permutations d'halogènes dans des séries différentes.

Cependant à ma connaissance on n'avait pas encore observé de transposition sous l'influence des hydracides dans la série des alcools de formule générale :

$$\text{(I)}\qquad \begin{matrix}C^6H^5\\Ar\end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\OH}}{C} - C\!\!\begin{matrix}\diagup R_1\\ - R_2\\ \diagdown R_2\end{matrix}.$$

La présente Note a pour but d'exposer les changements de structure que subissent ces alcools quand on les traite par HBr en solution acétique.

On voit d'après la formule (I) que ces carbinols ne peuvent se déshydrater sans transposition. Or cette déshydratation ne peut se faire que si l'on porte leurs vapeurs à une température de 300°-400° en présence de terre d'infusoires ou si on les chauffe plusieurs heures à l'ébullition avec un mélange d'anhydride acétique et de chlorure d'acétyle. D'autre part, les éthers chlorhydriques de ces alcools sont relativement stables; quelques-uns sont cristallisés et je n'ai jamais observé une permutation de l'atome de chlore.

$$\begin{matrix}C^6H^5\\C^{10}H^7\end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\OH}}{C} - C \equiv (CH^3)^3 \rightarrow \underset{\text{(III)}}{\begin{matrix}C^6H^5\\C^{10}H^7\\CH^3\end{matrix}\!\!-C - C\!\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^2\end{matrix}} \qquad \text{(P. f. 85°)},$$

$$(C^6H^5)^2\underset{\substack{|\\OH}}{C} - C\!\!\begin{matrix}\diagup CH^3\\ - CH^2C^6H^5\\ \diagdown CH^3\end{matrix} \rightarrow \underset{\text{(IV)}}{\begin{matrix}(C^6H^5)^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>C - C\!\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH\,C^6H^5\end{matrix}} \qquad \text{(P. f. 110°)}.$$

Le carbure (IV) est susceptible, comme je l'ai déjà montré, d'exister sous deux

(1) Cet alcool et le carbure correspondant ont déjà été préparés d'une façon un peu différente par M. Volmar (*Thèse de doctorat*, Paris, 1913).

formes stéréoisomères fondant respectivement à 90° et 110°, mais le premier de ces isomères, sous l'influence de HBr, se transforme en produit fondant à 110°; c'est donc le seul qui ait pris naissance ici.

Dans aucun cas, en opérant comme il a été dit plus haut, il ne s'est formé de dérivés bromés.

D'autre part si l'on traite, toujours dans les mêmes conditions, le triphényl-1.3.3-méthyl-2-butanol-2 par HBr, il se forme le carbure fondant à 110° et l'on n'obtient pas l'éther bromhydrique correspondant

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - \underset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}\!\!<\!\begin{matrix}CH^3 \\ CH^2C^6H^5\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - C\!\!<\!\!\!<\!\begin{matrix}CH^3 \\ CH^2C^6H^5\end{matrix}.$$

Ici encore la solution acétique de HBr agit comme un déshydratant.

Ces phénomènes de transposition avec formation de carbures peuvent s'expliquer facilement si l'on suppose qu'il se forme tout d'abord par action de HBr sur l'alcool, l'éther bromhydrique, puis que l'atome de Br permute avec un $-CH^3$. Le bromure ainsi formé, instable dans les conditions de l'expérience (l'action de HBr sur le triphényl-1.3.3-méthyl-2-butanol-2 semble le prouver), perd une molécule de HBr pour donner le carbure éthylénique

$$(C^6H^5)^2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - C(CH^3)^3 \rightarrow (C^6H^5)^2\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}} - C(CH^3)^3$$

$$\rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - C\!\!<\!\begin{matrix}(CH^3)^2 \\ Br\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - C\!\!<\!\begin{matrix}CH^2 \\ CH^3\end{matrix}.$$

En résumé j'ai montré que, dans les conditions expérimentales énoncées plus haut, une solution acétique de HBr transforme, avec une facilité remarquable, en carbures les alcools de formule (I) avec permutation d'un $-CH^3$.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Sur une réaction colorée, supposée spécifique de l'aldéhyde formique, produite par l'acide glyoxylique.* Note de MM. **Fosse** et **A. Hieulle**, présentée par M. Émile Roux.

1. De nombreux auteurs se sont efforcés de démontrer l'existence chez les végétaux de l'aldéhyde formique, qui, d'après la célèbre hypothèse de

Baeyer, dérivée des travaux de Boussingault et de Berthelot [1], résulterait de l'action de la lumière et de la chlorophylle sur l'acide carbonique atmosphérique :

$$CO^3H^2 = COH^2 + O^2.$$

Plusieurs biochimistes pensent que tout le carbone des végétaux provient de l'aldéhyde formique, puisqu'on retrouve ce corps dans les feuilles, ainsi que l'atteste la réaction colorée de Schryver, spécifique de CH^2O. Schryver [2] a découvert, en effet, qu'une belle coloration rouge fuchsine, intense, se déclare lorsque de très petites quantités de formaldéhyde sont mises en contact de chlorhydrate de phénylhydrazine, de ferricyanure de K et d'acide chlorhydrique concentré.

2. Les expériences décrites dans cette Note démontrent que l'aldéhyde formique n'est pas le seul corps capable de donner la réaction de Schryver. Cette propriété appartient aussi à l'acide glyoxylique, dont on a depuis longtemps signalé la présence chez des végétaux [Brunner et Chuard [3], Lippmann].

A la réaction classique, production d'une coloration violette, avec l'acide glyoxylique, en milieu sulfurique, en présence des protéiques (Adamkiewicz, Hopkins et Cole) ou l'indol et ses dérivés (Eppinger, Dakin), nous pouvons en ajouter une autre beaucoup plus sensible.

Une coloration rouge fuchsine intense apparaît lorsqu'on traite l'acide glyoxylique par le réactif employé par Schryver pour caractériser l'aldéhyde formique.

Afin d'établir avec certitude que c'est bien l'acide glyoxylique pur, exempt de formol, qui produit cette réaction, nous opérons avec le glyoxylate de calcium pur :

$$Ca[CO^2.COH]^2 + 2H^2O$$

décrit par Debus [4], Fischer et Geuther.

Expérience. — Si à 10^{cm^3} de solution à $\frac{1}{1000}$ d'acide glyoxylique $CO^2H.COH.H^2O$, pris sous la forme de son sel de calcium, ou à 10^{cm^3} de solution de formol, contenant

---

(1) MAQUENNE, *Sur la théorie de la fonction chlorophylienne* (*Bull. Soc. chimique*, t. 35, juin 1924, p. 651).

(2) G. BERTRAND et P. THOMAS, *Manipulations de chimie biologique*, 3e édition, 1919, p. 441.

(3) BRUNNER et CHUARD, *Berichte*, t. 19, 1886, p. 595.

(4) DEBUS, *Liebigs Annalen*, t. 100, 1856, p. 9.

par litre la même proportion moléculaire, on ajoute les composants du réactif de Schryver :

	cm³
Solution de chlorhydrate de phénylhydrazine à $\frac{1}{100}$	2
Solution de ferricyanure de potassium à $\frac{5}{100}$	1
Acide chlorhydrique concentré	5

la même coloration rouge fuchsine intense se déclare.

Dans l'un et l'autre cas, l'éther agité avec les liqueurs étendues d'eau, prend la base provenant de la dissociation de la couleur. Au contact de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, les solutions éthérées régénèrent la matière colorante rouge, ainsi que l'a fait connaître Schryver pour l'aldéhyde formique.

3. *La nouvelle réaction colorée de l'acide glyoxylique, extrêmement sensible, se manifeste, même avec un millième de milligramme de ce corps, à la dilution du millionième.*

Expérience. — A une liqueur récemment préparée de glyoxylate de calcium, correspondant à 1^{mg} d'acide glyoxylique par litre (1^{cm^3}) on ajoute : chlorhydrate de phénylhydrazine à $\frac{1}{100}$ (2 gouttes), ferricyanure de K à $\frac{5}{100}$ (1 goutte), puis acide chlorhydrique conc. ($0^{cm^3},5$). L'éther ayant servi à épuiser le mélange étendu d'eau, communique à quelques gouttes d'HCl une teinte rouge très nette.

4. Nous nous proposons de reprendre l'étude de la réaction colorée qu'exercent les extraits de feuilles sur le réactif de Schryver et de chercher à connaître, par l'emploi de nouvelles méthodes, si elle est due à l'aldéhyde formique, à l'acide glyoxylique ou à toute autre substance.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les états de la liliostérine au cours de la vie des écailles bulbaires du Lis blanc.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

J'ai fait connaître la présence, dans l'épiderme des écailles bulbaires du Lis blanc, d'organites auxquels, sans préjuger encore de leur origine cytologique, j'ai cru devoir donner le nom de *stérinoplastes* (¹). Ces organites contiennent, à l'état normal, sous forme demi-fluide, une phytostérine (*liliostérine*) qui, dans certaines circonstances naturelles ou provoquées,

(¹) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 327, 596, 769.

cristallise; parfois ils produisent, par une sorte de bourgeonnement, des radiocristaux de cette substance qui peuvent finir par se disséminer dans la cellule.

La présente Note a pour but d'étudier ce que deviennent, au cours de la vie des écailles bulbaires adultes du Lis, les stérinoplastes et la liliostérine.

Si l'on abandonne, simplement à l'air libre, des écailles détachées d'un bulbe, elles ne tardent pas à produire, sur leur cicatrice, des bulbilles qui se développent aux dépens des matières de réserve qu'elles contiennent. Au cours de ce développement les écailles, très charnues à l'état frais, se vident et se dessèchent lentement; ce n'est qu'au bout de plusieurs mois, et même de plus d'un an, qu'elles arrivent à dessiccation complète. Les cellules flétries sont réduites à leur membrane cellulosique, sauf celles de l'épiderme qui se montrent remplies de liliostérine, et uniquement de cette substance, sous deux formes que je décris ici sommairement sans préjuger encore du lien qu'elles peuvent avoir entre elles.

D'abord, dans la plupart des cellules, on retrouve encore les stérinoplastes; le corps central est, çà et là, demeuré amorphe, ailleurs il a pris une fine structure radiée ou microcristalline; le manteau, le plus souvent, présente une structure fibreuse sous forme de fines stries parallèles (*fig.* 1, 10, 11, 12); parfois le stérinoplaste est transformé en un fil ténu de stérine enroulé transversalement en un peloton très serré avec, au centre, une masse plus ou moins amorphe.

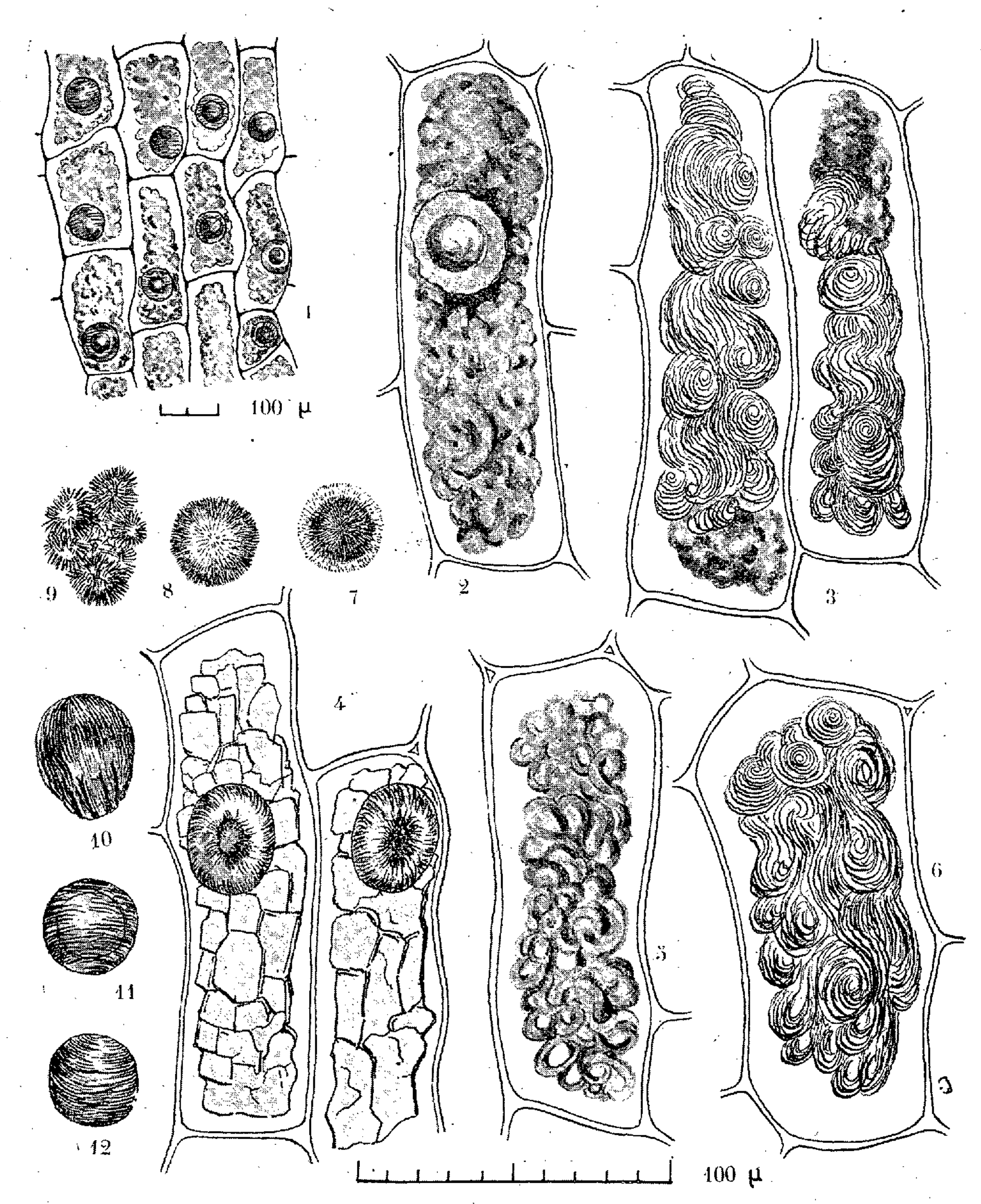
En outre, les cellules épidermiques sont entièrement remplies par un bloc concrétionné de liliostérine (*fig.* 1) qui affecte des formes assez diverses : masses mamelonnées, comme formées de nombreuses boules irrégulières intimement accolées; masses d'aspect mésentéroïde, comme formées de cordons soudés entre eux (*fig.* 2), parfois plus ou moins libres (*fig.* 5); d'autres fois la masse est constituée par un fin chevelu de stérine plus ou moins ondulé et frisé (*fig.* 6).

Cette forme capillaire constitue même la structure intime de tous ces amas. En effet, si cette structure n'apparaît pas directement, il est facile de la mettre en lumière : parfois il suffit de porter l'épiderme rapidement à l'ébullition dans l'eau; ou bien l'on traite l'épiderme, sous le microscope, par l'action ménagée d'un solvant de la stérine comme l'alcool; sous l'action de ce liquide, la liliostérine (stérinoplastes et blocs concrétionnés) se dissout et la cellule se montre alors complètement vide, mais avant la dissolution, dès l'attaque du réactif, on voit apparaître la structure finement capillaire des blocs concrétionnés (*fig.* 3).

Les écailles qui se dessèchent normalement dans le sol, à la périphérie du bulbe, présentent, la plupart du temps, les mêmes phénomènes.

Sous l'influence naturelle ou provoquée du froid, se produisent aussi des concrétions stériniques et la transformation variée des stérinoplastes. Pendant l'hiver, il arrive que des écailles périphériques des bulbes, qui parfois affleurent à la surface du sol, subissent la gélivure, par places ou complètement. Aux points ainsi frappés, les écailles prennent une teinte feuille-morte donnée par l'épiderme, presque décollé, et, dans tous les cas, facilement détachable de la partie charnue. Dans ces épidermes, les stérino-

plastes sont transformés fréquemment en sphérocristaux finement aiguillés, ou disloqués en amas de radiocristaux (*fig.* 7, 8, 9), ou bien en gros radiocristaux creux au centre, ou encore en sorte de couronnes épaisses radialement craquelées ou striées (*fig.* 4).



En outre, la cellule est, la plupart du temps, remplie de stérine concrétionnée, ou cristallisée en paquets de cristaux aiguillés, ou sous forme de blocs aplatis en tablettes craquelées (*fig.* 4).

On peut appliquer, microchimiquement, à tous ces épidermes stériniques, la réaction de Liebermann (acide sulfurique et anhydride acétique). Pour la bien réussir il faut employer des matériaux déshydratés, c'est-à-dire des épidermes secs ou desséchés sur lame à la flamme ou à l'étuve. Les cellules se colorent en beau rouge-carmin et, pendant un instant assez long, les blocs concrétionnés de stérine, bien colorés, conservent leur forme, avant de se dissoudre.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur le* P_H *intérieur du noyau cellulaire et ses variations expérimentales.* Note de M. **P. Reiss**, présentée par M. d'Arsonval.

Les mesures de Vlès et de ses collaborateurs ont donné pour le P_H intérieur de l'œuf d'Oursin une valeur de l'ordre de 5 par la méthode des indicateurs [1], valeur qui a pu être confirmée par la mesure potentiométrique à l'électrode d'H [2]. Des recherches au moyen des indicateurs par la méthode d'écrasement m'ont permis de donner à ce chiffre une importance plus générale. En effet, de nombreux œufs d'animaux marins, les tissus de ceux-ci, des Protistes, et enfin les quelques tissus de Mammifères que j'ai pu examiner ont tous montré un P_H protoplasmique voisin de celui de l'œuf d'Oursin. Sans revenir ici sur le détail des espèces, je retiens que toutes les valeurs trouvées se sont placées entre le virage du jaune au mauve du brom-cresol-purple et le virage du jaune au vert du brom-thymol-blue, c'est-à-dire, sans correction, entre P_H 5 et 6.

Nous avons tenté d'aborder l'étude du P_H nucléaire. Les grandes cellules comme les oocytes d'Oursin et les Protistes permettent de déterminer le P_H apparent du noyau. Les virages des indicateurs nous font admettre que le noyau dans des conditions normales est plus voisin de la neutralité, à l'encontre de ce que nous avons vu pour le protoplasme; c'est ainsi que le brom-thymol-blue, qui est toujours pris en jaune par le

(1) Vlès et Nouel, *Arch. Phys. biol.*, I, n° 7, 1922, p. 315. — Vlès, Dragoiu, Rose, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 133. — Vlès, Achard, Prikelmeier, *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 1923, n° 437, p. 1-8.

(2) F. Vlès, P. Reiss, E. Vellinger, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 349.

cytoplasme, colore le noyau en bleu vert ou en bleu. Mais tandis que le P_H du protoplasme, dans les limites de précision de la méthode, semble assez insensible aux variations modérées du milieu extérieur, *le noyau paraît y réagir avec une extrême facilité.*

I. *Variations expérimentales du* P_H *nucléaire.* — Nous avons fait nos expériences sur des oocytes adultes de *Psammechinus miliaris*; répétées sur des oocytes d'*Echinocardium cordatum* et de *Sabellaria alveolata*, et sur des amibocytes de *Sipunculus nudus*; elles ont donné des résultats identiques. Un premier fait nous avait frappé : les œufs retirés fraîchement de l'ovaire nous donnaient un P_H du noyau plus bas que les œufs lavés pendant quelques minutes dans l'eau de mer. Pour analyser ce phénomène, nous avons placé nos cellules dans différents milieux extérieurs, et nous avons examiné après quelques minutes le P_H du noyau.

Nous nous sommes servi d'eau de mer amenée à des P_H différents par l'acide chlorhydrique, l'acide acétique ou la soude, d'eau de mer saturée de CO_2 ($P_H < 5$), d'eau de mer privée de CO_2 par des Ulves exposées à la lumière ($P_H > 9$), de solutions de quinine à 4 pour 1000 et de cyanure de potassium à 4 pour 1000 (P_H 10). Il y a une concordance parfaite entre toutes ces expériences en ce sens que l'effet sur le noyau *ne semble dépendre que de la concentration en ions* H *du milieu extérieur.* Le P_H du noyau suit dans de larges limites et avec une grande rapidité les variations du P_H du milieu extérieur. En passant d'un P_H extérieur de 5 à celui de 9, limites compatibles avec la survie de l'œuf, le noyau passe avec le brom-thymol-blue du jaune ($P_H \leqq 6$) au bleu (P_H 7, 5). Un dispositif microcolorimétrique à biseaux colorés, que M. le professeur Vlès a bien voulu mettre à notre disposition, nous a permis de prendre quelques mesures. Ainsi des cocytes de *Psammechinus* retirés fraîchement de l'ovaire et imbibés de brom-thymol-blue présentent une coloration nucléaire qui équivaut à une côte 5 de l'appareil [P_H approximatif 6, (4)]. Après lavage dans l'eau de mer le chiffre monte à une côte 20 [P_H 6, (6)]. Dans un P_H extérieur de 9 il atteint la côte 73 [P_H 7, (5)], et dans P_H 5 il est au-dessous de l'échelle du colorimètre [$P_H < 6$, (3)]. Même en forçant l'acidité (P_H 4) ou l'alcalinité (P_H 12) du milieu extérieur, le noyau n'atteint pas P_H 5 ni P_H 9. Le P_H apparent du cytoplasme ne varie que par des opérations trop brutales ou trop prolongées, qui ultérieurement amènent la cytolyse. Si l'on prend des œufs en mauvais état ou provenant de femelles ayant séjourné trop longtemps dans l'aquarium, le P_H apparent du noyau est plus bas que normalement, et ne

monte que peu, si l'on place les œufs dans des P_H élevés. Ceci, et le fait que fréquemment (jeunes cocytes, amibocytes) le noyau prend spontanément et sans aucun écrasement le colorant, exclut l'hypothèse qu'il s'agirait d'un équilibre *direct* entre le noyau et le P_H extérieur.

II. *Action des anesthésiques.* — L'action des anesthésiques montre bien la complexité de l'équilibre de P_H entre le noyau et la périphérie cellulaire. Nous avons essayé le chloroforme, le chloral, l'uréthane et la cocaïne. Une solution d'uréthane à 2 pour 100 dans l'eau de mer donne, par la lenteur de son action et son P_H élevé (8,8), des résultats très démonstratifs. Des oocytes ou des amibocytes portés dans cette solution montrent après 2 ou 3 minutes, comme on doit s'y attendre en raison du P_H élevé du milieu, une ascension du P_H du noyau par rapport aux témoins. Mais ensuite, après 15 à 30 minutes d'action, *le* P_H *du noyau s'abaisse.* Son contenu, qui avait pris le brom-thymol-blue en bleu ou bleu vert, le prend maintenant en jaune. Cette dépression s'est montrée réversible par plusieurs lavages. Si l'action des narcotiques est encore prolongée, le P_H du noyau remonte, mais parallèlement à celui du cytoplasme; c'est le début de la cytolyse.

L'abaissement du P_H du noyau cellulaire, qui ne correspond plus au P_H extérieur, semble, dans les limites de nos expériences, spécial aux narcotiques; nous nous garderons cependant encore d'interpréter ces faits dans le cadre d'une théorie générale.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1924.

Storia della spedizione scientifica italiana nel Himàlaia Caracoràm e Turchestàm cinese 1913-1914, par Filippo de Filippi. Bologna, Nicola Zanichelli, 1924; 1 vol. 27^{cm}.

James Dewar (1842-1923), par J. D. Hamilton Dickson. Extrait du *Peterhouse Magazine*, Cambridge (Angleterre), 1923; 1 fasc. 21^{cm},5.

Sull' origine dei petroli, par Pietro Guareschi. Roma, Industria tipografica romana, 1924; 1 fasc. 24^{cm},5.

Couleurs et peintures, par Ch. Coffignier. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 23^{cm}.

Guides aux collections de plantes vivantes. II. *Plantes ornementales herbacées de plein air et rosiers*, par J. Gérôme. Paris, Muséum d'histoire naturelle (Jardin des Plantes), 1924; 1 vol. 17^{cm}.

Flore générale de l'Indochine, publiée sous la direction de H. Lecomte, t. III, fasc. 4 : *Rubiacées* (fin), par J. Pitard; *Valérianacées et Dipsacées*, par J. Arènes; *Composées*, par F. Gagnepain. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 fasc. 25^{cm}.

Thermodynamique à l'usage des ingénieurs, par Aimé Witz. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 20^{cm},5.

Le tombeau d'Aristoxène; essai sur la musique, par G. Urbain. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 18^{cm},5.

L'énergétique des réactions chimiques, par G. Urbain. Paris, Gaston Doin, 1925; 1 vol. 22^{cm}.

Un médecin philosophe : Charles Bouchard. Son œuvre et son temps (1837-1915), par Paul Le Gendre. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 25^{cm},5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

UNIONS INTERNATIONALES. — *Compte rendu sommaire de la deuxième Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale tenue à Madrid du* 1er *au* 8 *octobre*. Note de M. **A. Lacroix.**

Les Comités nationaux des Unions scientifiques internationales sont placés sous l'autorité morale de l'Académie qui représente officiellement la France au Conseil international de Recherches et dans les organismes qui en dépendent.

En qualité de président du Comité national français de l'Union géodésique et géophysique, je viens donner à l'Académie un bref aperçu de la deuxième Assemblée générale de cette Union qui s'est tenue à Madrid du 1er au 8 octobre, sous la présidence de notre confrère M. Ch. Lallemand.

Cette assemblée a été particulièrement brillante. La délégation française était nombreuse; elle comprenait parmi nos confrères, notre président M. Bigourdan, MM. A. Lacroix, Lallemand, Joubin, Ferrié, notre correspondant M. Mathias et d'autres délégués des diverses sections du Comité et de plusieurs ministères : MM. le colonel Delcambre, Fichot, de La Brosse, le colonel Lamotte, Le Courbe, Le Danois, Liouville, Maurain, le colonel Perrier, F. Rey, Rothé, Roussilhe, Schereschewsky, Watier, Wehrlé.

Cette assemblée de l'Union a été organisée d'une façon parfaite par le Comité espagnol, sous la présidence de M. Cubillo, directeur général, et de M. le lieutenant-colonel Galbis, sous-directeur de l'Institut géographique de Madrid. Rien n'a été négligé pour la rendre à la fois fructueuse

et agréable. Le Palais de la Chambre des Députés, aussi somptueux que confortable, et tous ses services, avaient été mis à notre disposition.

S. M. le Roi a bien voulu présider la séance d'ouverture, recevoir en audience privée le Comité exécutif et donner en l'honneur de toutes les délégations une brillante réception dont l'éclat a été augmenté par la gracieuse présence de S. M. la Reine.

Le Directoire, le Sous-Secrétaire d'État de l'Instruction publique, les Municipalités de Madrid et de Tolède se sont multipliés pour nous recevoir et nous faire apprécier tout le charme de l'hospitalité espagnole. Nous avons pu ainsi, entremêler les séances de travail, d'excursions, de visites aux institutions scientifiques et aux musées, qui nous ont permis d'admirer toutes les merveilleuses richesses artistiques du pays.

Pour chacune de ces excursions ou visites, des instructions imprimées à notre intention nous ont été distribuées. Un très beau guide de l'Espagne richement illustré, a été rédigé spécialement; pour chaque ville on y trouve non seulement tous les renseignements historiques, artistiques ou pratiques habituels, mais encore de nombreuses données géophysiques et géodésiques que l'on n'est pas accoutumé à trouver dans les ouvrages de ce genre : cette délicate attention a été remarquée et appréciée par nous.

Nous avons rapporté un souvenir inoubliable de la réception que nous avons reçue et constaté avec plaisir les efforts faits en Espagne, pour constituer ou renforcer des organismes géodésiques et géophysiques pourvus des ressources modernes les plus perfectionnées.

Voici un compte rendu sommaire des principaux résultats de cette assemblée, où l'on a beaucoup travaillé : toutes les sections ont tenu un nombre de séances supérieur à celui prévu dans les ordres du jour; celle de Géodésie en particulier, a commencé ses travaux plusieurs jours avant l'ouverture officielle et les a poursuivis avec une très grande activité, en partie due aux efforts de son secrétaire général, le colonel G. Perrier.

SECTION DE GÉODÉSIE.

Soixante-quinze géodésiens venus de tous les points du globe ont pris part aux travaux de la Section. Conformément aux statuts, celle-ci a procédé à l'élection d'un président pour trois ans et d'un secrétaire pour six ans. M. Bowie et le colonel Perrier, président et secrétaire sortants, ont été réélus par acclamation.

La Section n'a pas tenu moins de 13 séances plénières au cours des-

quelles ont été présentés de nombreux rapports : rapports nationaux sur les travaux exécutés dans les différents pays, rapports d'ensemble sur les différentes branches de la Science géodésique (bases, triangulations, etc.).

Une des communications les plus remarquées a été celle de M. Vening Meinesz, ingénieur attaché à la Commission géodésique néerlandaise, sur les déterminations de l'intensité de la pesanteur qu'il a exécutées l'an dernier dans un sous-marin au cours d'un voyage entre la Hollande et les îles de la Sonde, à l'aide de pendules ordinaires du type Sterneck. Si la méthode devient d'un emploi tout à fait pratique et se généralise, on pourra désormais aisément déterminer l'intensité sur mer et obtenir ainsi de nouveaux documents d'une valeur inappréciable pour l'étude de la forme et de la constitution de notre globe. Il serait fort à désirer que la Marine française prît l'initiative de semblables déterminations, en n'en laissant pas le soin exclusif à des Marines étrangères.

La Section n'a pu épuiser son ordre du jour qu'en constituant de nombreuses Commissions qui ont discuté les divers points proposés et préparé les décisions à présenter à l'approbation de la Section. C'est ainsi qu'ont été étudiées les questions suivantes : réglementation internationale à arrêter pour l'exécution et la publication des travaux géodésiques de divers ordres, stabilité des fils et rubans invars employés pour la mesure des bases; systèmes de projections, etc.

L'opération des longitudes mondiales, préconisée par le général Ferrié, a fait l'objet d'un nouvel examen. Les résultats du nouveau Service international des Latitudes, centralisé à l'Observatoire de Misuzawa au Japon, ont été examinés.

Une décision fort importante pour l'unification et l'homogénéité des travaux géodésiques a été prise, l'adoption d'un ellipsoïde de référence international, dont l'emploi est désormais recommandé pour toutes les triangulations futures.

Un certain nombre d'opérations internationales, en cours ou en projet, ont fait l'objet d'études approfondies. Parmi ces opérations plusieurs intéressent la France, comme la jonction des nouvelles triangulations française et belge, en voie d'exécution, et la liaison des triangulations française et espagnole au Maroc (on sait que les Espagnols ont fait franchir à leurs triangles le détroit de Gibraltar), etc.

Les travaux de l'Assemblée de Rome avaient porté surtout sur des questions d'organisation; à Madrid, il a été possible de consacrer à ces dernières moins de temps, et des questions scientifiques d'une haute impor-

tance et d'un vif intérêt ont occupé à peu près exclusivement l'attention de l'Assemblée.

SECTION DE MÉTÉOROLOGIE.

I. Questions générales. — Sur l'initiative du colonel Delcambre à Rome, la Section avait invité la conférence des Directeurs des services météorologiques à examiner s'il n'y avait pas de doubles emplois entre les fonctions des deux organismes. Le Comité, dans sa réunion d'Utrecht (septembre 1923), avait répondu « qu'il ne lui paraissait pas y avoir double emploi, ses fonctions ayant pour but l'étude exclusive des questions qui intéressent tous les services météorologigues nationaux et nécessitent l'utilisation de leurs réseaux propres ». A Madrid, la Section a pris acte de cette déclaration et l'on peut considérer comme réglée la délimitation des champs d'action des deux organismes, la Section de l'Union se réservant le domaine proprement scientifique et la Conférence des Directeurs le domaine technique d'organisation et d'exploitation. Mais le Comité météorologique international (Comité exécutif de la Conférence des Directeurs) s'est adjoint des commissions permanentes, dont certaines ont plus d'un quart de siècle d'existence, et dont l'activité touche parfois à la science pure. Aussi la Section a-t-elle décidé de demander à ce Comité d'envisager s'il n'y avait pas de double emploi entre les attributions de la Section et celles de certaines Commissions scientifiques, émanations du Comité météorologique international et, dans l'affirmative, d'étudier les mesures propres à faire cesser cet état de choses.

Une subvention a été votée au profit d'un travail fort important, celui de l'établissement de *cartes quotidiennes de l'hémisphère Nord* dont l'organisation avait été décidée par le Comité météorologique international.

II. Physique de l'atmosphère. — Des subventions ont été votées pour les études suivantes :

a. Poussières de l'atmosphère (avec les appareils du Dr Owen).

b. Mesure de la radiation solaire (intensité totale et intensités partielles suivant les régions du spectre) dans les zones particulièrement intéressantes et dépourvues de services météorologiques organisés.

Des suggestions ont été présentées au sujet de la mesure de la *transparence de l'eau* et des *rapports entre le temps et le magnétisme terrestre*.

III. Climatologie. — L'étude des *applications de la statistique moderne* à la Climatologie (en particulier substitution de la « médiane » à la moyenne

arithmétique) sera poursuivie par une Commission et figurera à nouveau à l'ordre du jour de la prochaine Session.

Une autre Commission a été chargée d'étudier *l'unification des mesures pluviométriques*.

D'accord avec la Section d'Océanographie, il a été décidé que la Commission de la Méditerranée, après avoir enquêté auprès de tous les Services compétents, grouperait les connaissances actuelles sur l'atmosphère méditerranéenne.

IV. Perfectionnement des réseaux météorologiques. — La Section a émis les vœux suivants dont les trois premiers ont été formulés par la délégation française.

a. Que soit créé dans chaque pays un réseau quotidien d'observation de la *température en altitude* au moyen des *avions ;*

b. Que soit développé, dans toute la mesure du possible, l'*échange radiotélégraphique des observations météorologiques entre l'Amérique du Nord et l'Europe*, et qu'en particulier les États-Unis et la France s'entendent pour assurer la transmission et la diffusion en Europe des observations du Japon et du Pacifique;

c. Que soit créé dans chaque pays un réseau d'observation des *parasites atmosphériques ;*

d. Qu'un réseau d'observations météorologiques soit organisé dans les *îles du Pacifique ;*

e. Que soit institué un *réseau de mesures de la radiation solaire*, à raison, au minimum, d'une station par pays.

V. Météorologie dynamique. — Pour compléter une enquête organisée à Rome en 1922, la Section a décidé de demander à chaque Service central d'exposer sur un exemple (25-26 septembre 1923) sa méthode de prévision du temps. Les réponses, recueillies par le Bureau de la Section, seront publiées par les soins de l'Office national météorologique de France et constitueront un document important sur l'état actuel de la prévision scientifique du temps.

La délégation française a fait une brève communication sur les premiers résultats du dépouillement des 7532 photographies recueillies, particulièrement intéressants quant à la structure *latérale* des systèmes nuageux.

Sondages de la haute atmosphère. — Une subvention a été votée pour l'exploration, par ballons-sondes, de l'atmosphère au-dessus de l'Océan, et, pour un essai de publication internationale, des sondages de la haute atmosphère.

Enfin la Section a émis divers vœux que l'assemblée de l'Union a fait siens. L'un deux se rapporte à une demande au Conseil international des Recherches pour que soit instituée une enquête sur les *Bibliothèques de chaque pays renfermant les documents de travail météorologique*.

SECTION DE MAGNÉTISME ET ÉLECTRICITÉ TERRESTRES.

I. TRAVAUX D'OBSERVATOIRE. — Les méthodes d'observation et de publication ont été discutées ainsi que la question des stations nouvelles établies ou à instituer. Parmi celles-ci a été indiquée la station de mesures relatives à l'électricité atmosphérique établie au Val-Joyeux depuis le début de 1923.

II. TRAVAUX EN CAMPAGNE. — Les réseaux magnétiques sont dans beaucoup de pays en voie de développement. Il a été rendu compte de l'état d'avancement du réseau français, qui sera l'un des plus serrés (1300 stations environ pour la France, soit environ une tous les 20^{km}). Il a été traité également de l'état d'avancement des cartes magnétiques des Possessions françaises, en cours d'exécution par le Bureau central de magnétisme terrestre français.

III. RECHERCHES GÉNÉRALES. — On s'est préoccupé de favoriser l'établissement d'observatoires dans les régions de latitude élevée et d'étudier les méthodes adaptées à l'étude des relations entre les phénomènes de magnétisme et électricité terrestres, les phénomènes cosmiques (activité solaire) et les phénomènes météorologiques. La Section a tenu à cet effet une séance commune avec la Section de Météorologie.

Les travaux de M. Mathias sur l'éclair fulgurant ont été l'objet d'une communication aux Sections de Météorologie et de Magnétisme et Électricité terrestres.

Les délégués français ont pris part à une discussion sur les recherches relatives aux relations entre le champ magnétique terrestre et les séismes, discussion qui a eu lieu à la Section de Sismologie. Il a été indiqué, en particulier, que le réseau magnétique français, étant très serré, permettra une étude des modifications permanentes du champ magnétique terrestre consécutives aux séismes.

SECTION D'OCÉANOGRAPHIE.

Le professeur Odon de Buen, de Madrid, est élu président en remplacement du Prince de Monaco.

La Section a accepté le principe de la rédaction d'un vocabulaire océanographique international sur le plan présenté par M. Rollet de l'Isle.

M. Joubin a été élu président de la Commission pour l'étude de l'Atlantique. Cette Commission a pris une extension considérable, elle a divisé son action en cinq secteurs, dont trois fonctionnent déjà en accord avec des Commissions déjà existantes : celle de l'Atlantique polaire dont le président est M. Schmidt, celle de l'Atlantique européen dont le président est M. Joubin; elles sont rattachées au Conseil international pour l'étude de la mer. Le Secteur de l'Amérique du Nord, dont la France fait déjà partie, est présidé par M. Hutsmann. On a organisé les secteurs de l'Afrique et de l'Amérique latine présidés par M. Liouville.

La Commission pour l'étude du Pacifique fonctionne et a envoyé un rapport sur ses travaux de début et sur ceux qui sont en cours. Un vœu a été émis, sur la proposition de M. Joubin, pour que l'Indo-Chine, qui a les navires et laboratoires nécessaires, collabore à ces travaux.

Un manuel d'Océanographie est en cours de préparation; le premier volume paraîtra aussitôt que le vocabulaire international sera établi.

Un projet d'exploration international des océans, présenté par M. Petterson, amendé par les océanographes américains, a été adopté.

Sur le rapport de M. Fichot, une Commission mixte d'Océanographes et de géodésiens a été créée pour l'étude de diverses questions relatives aux marées.

Toutes les questions examinées dans la Section d'océanographie ont une grande importance non seulement pour la Science pure, mais encore pour la navigation et la pêche.

A l'occasion de la réunion de l'Assemblée, la Commission de la Méditerranée, qui est un organisme indépendant, mais qui collabore avec l'Union, a été réunie sous la présidence de notre confrère, M. Vito Volterra. M. Le Danois en a été nommé secrétaire général, en remplacement de M. Richard, démissionnaire pour raison de santé.

Les délégués des divers États riverains ont rendu compte des travaux effectués depuis un an; M. Le Danois a notamment exposé les résultats des croisières françaises obtenus le long des côtes de Tunisie, d'Algérie, du Maroc, en vue de l'étude des fonds de pêche, des migrations du thon, etc. des cartes fort utiles ont été dressées.

SECTION DE SISMOLOGIE.

I. Questions d'organisation. — A la suite de la lecture du Rapport de M. Rothé, secrétaire général, directeur du Bureau central de Strasbourg, les résolutions suivantes ont été prises :

a. La Section continuera les publications du Bureau central sismologique sous la forme qui leur a été donnée jusqu'à présent (fascicules se succédant sans périodicité).

b. Elle approuve la publication, au moins une fois par an, dans un de ces fascicules d'une chronique relatant la vie de la Section.

c. Elle décide que la publication de catalogues généraux, microséismiques ou macroséismiques, ne sera pas reprise. Les délégués des diverses nations veilleront à la publication régulière des catalogues régionaux concernant leurs pays respectifs.

d. Le reliquat provenant de la liquidation de l'ancienne Association sismologique internationale sera utilisé à la publication d'un travail en cours en 1914, d'accord avec les auteurs intéressés.

e. Il est désirable que, dans la mesure où les fonds le permettront, un aide-physicien soit spécialement attaché à titre permanent au Bureau central et chargé des travaux internationaux de longue haleine.

Commission des échanges télégraphiques. — *a*. L'échange des télégrammes entre le Bureau central et les divers observatoires sera étendu dans les limites des disponibilités financières. Des démarches seront faites dans les divers pays, afin d'obtenir, à l'exemple de l'Espagne, la gratuité de l'échange, et l'extension des communications radiotélégraphiques.

b. Des stations convenablement réparties seront choisies dans les différentes régions du globe.

Commission de l'agitation microséismique. — Le rapport de M. Somville et ses projets sont approuvés. Il est décidé que les documents seront envoyés à Uccle et dépouillés sur place. M. Somville procédera au dépouillement et à la publication, d'accord avec le Bureau central, au point de vue des sommes consacrées à ce travail.

II. Rapport de l'état de la Sismologie dans les divers pays. — *a*. La section émet le vœu que le nouvel instrument créé aux États-Unis et décrit par M. Reid, soit comparé au Bureau central sur la plate-forme avec les autres types d'appareils.

b. Les travaux sur les séismes des Alpes exécutés grâce aux documents

fournis par les grands instruments de Zurich et de Strasbourg seront concentrés au Service sismologique suisse. La section sera reconnaissante à ce service d'en prendre la direction.

c. La section est d'avis que les travaux internationaux doivent être répartis entre les divers pays et qu'il y a lieu d'éviter les doubles emplois. Il est inutile de publier deux bulletins mensuels provisoires. Toutes les nations ne collaborant pas encore avec le Bureau central, la section sera reconnaissante au service suisse de bien vouloir transmettre au Bureau central les données qui peuvent faire défaut à ce bureau et que le service suisse pourrait posséder. La publication en sera faite par le Bureau central.

d. Les diverses stations conservent la liberté absolue de leurs publications; le Bureau central donne seulement des indications sur les travaux qui lui paraissent les plus utiles.

e. La Section émet le vœu que des échanges de personnel puissent se faire entre les services des différents pays. Elle charge le Bureau de toutes les démarches utiles pour favoriser ces échanges.

III. QUESTIONS DIVERSES. — La Section demande à M. le Président Turner d'introduire dans *The International Summary* l'indication d'une onde condensée ou dilatée par l'addition de la lettre *c* ou *d*. Elle accepte provisoirement les expressions de courbe anaséiste et de courbe kataséiste pour représenter le lieu des points de la Terre où l'on a constaté un mouvement de bas en haut et de haut en bas.

IV. PRINCIPALES QUESTIONS SCIENTIFIQUES ABORDÉES. — En dehors des questions d'organisation générale qui ont fait l'objet des résolutions ou des vœux énoncés plus haut, la Section a examiné un certain nombre de travaux scientifiques et s'est occupée de ses publications.

La Section publie actuellement :

1° *The International Seismological Summary* à Oxford sous la direction de M. Turner.

2° Un Bulletin sismologique mensuel provisoire, publié à Strasbourg par le Bureau central.

3° Des publications du Bureau central international par fascicules successifs. Série A : *Travaux scientifiques;* série B : *Monographies.*

Une discussion détaillée sur l'interprétation des phases a occupé plusieurs séances de la Section : étude des ondes P soulignés, étude des grandes ondes. M. Rothé a signalé la phase correspondante des ondes réfléchies observées dans les stations éloignées au voisinage de l'antipode

et permettant une détermination approximative de la profondeur du foyer.

La Section a discuté la valeur des différentes tables donnant les vitesses de propagation; elle est d'avis de laisser leur emploi à l'appréciation de chacun. M. Rothé a fait observer que pour les travaux de précision, il faut reprendre l'étude détaillée de la courbe de propagation pour chaque tremblement de terre particulier; il a indiqué que, pour l'étude des tremblements de terre rapprochés, il y aurait lieu d'entrer dans la voie expérimentale et il a décrit une méthode nouvelle de mesure fondée sur l'emploi des oscillations électriques en ondes entretenues.

Un des points principaux abordés a consisté dans les études de nivellement de précision après les tremblements de terre. Cette question mise à l'ordre du jour par le Comité National des États-Unis, a fait l'objet d'une intéressante communication de M. Reid; M. Matsuyama, délégué du Japon, a exposé un travail « Sur les phénomènes d'affaissement et de surélévation dans la baie de Yokohama ».

Beaucoup de Délégués ont présenté un Mémoire détaillé sur l'état de la sismologie dans leurs pays respectifs et la Section a salué avec plaisir la création d'une station au Siam.

M. Rizzo a appelé l'attention sur ce que l'influence des tremblements de terre sur les variations du magnétisme terrestre n'est pas complètement élucidée; la Section a émis le vœu que l'étude de cette question soit poursuivie dans les années ultérieures. Le P. Navarro a insisté sur l'utilité de l'adoption universelle d'une seule échelle d'intensité.

SECTION DE VOLCANOLOGIE.

I. Organisation générale. — M. Fernandez Navarro est nommé vice-président à l'unanimité.

Après avoir pris connaissance du rapport de M. Malladra, secrétaire général, sur le fonctionnement du Bureau central établi à Naples par décision de l'Union dans sa première assemblée générale de Rome, il a paru qu'il n'était ni pratique ni désirable de maintenir à l'Observatoire du Vésuve le Bureau central qui, en cas de grande éruption, deviendrait inabordable, au moment même où l'affluence de savants étrangers en rendrait l'utilisation le plus nécessaire. Il a donc été décidé de le transporter, avec les collections et la bibliothèque, dans la ville de Naples et la Section a voté un vœu demandant au Recteur de l'Université, le professeur Zambonini, dont

les travaux sur le Vésuve sont universellement connus, de vouloir bien lui donner l'hospitalité.

La périodicité trimestrielle a été décidée pour le *Bulletin volcanologique*, organe de la section, dont le premier fascicule vient de paraître.

Ce bulletin doit, en particulier, renfermer la bibliographie de toutes les publications concernant le volcanisme compris de la façon la plus large, le mode de classification à adopter pour cette bibliographie a été longuement discuté et des décisions définitives ont été prises à cet égard.

II. Travaux scientifiques. — De nombreux travaux scientifiques ont été présentés et discutés.

M. F. Navarro a exposé ses recherches sur les volcans des Canaries et, à ce propos, M. A. Lacroix a présenté des observations sur la constitution chimique et minéralogique du groupe des basaltes et sur les modifications chimiques déterminées dans les laves à feldspathoïdes par l'altération de ces minéraux.

M. Matsuyama a présenté, au nom de M. H. Tanakadate, un exposé de l'activité volcanique au Japon de 1913 à 1924.

M. A. Lacroix, au nom du capitaine Etienne Patte, a traité de l'apparition et de la disparition de l'île volcanique des Cendres, sur la côte de Cochinchine, en 1923.

M. Cartheim-Gyllensköld a présenté, de la part de M. Axel Gavelin, directeur du Service géologique de Suède, un Mémoire sur les relations possibles entre le volcanisme et les mouvements du sol (soulèvements et affaissements) en Fennoscandinavie et donné des précisions sur cette question.

M. A. Lacroix a déposé un travail personnel sur la succession des éruptions basaltiques de la Réunion depuis la découverte de cette île au XVII^e siècle jusqu'à nos jours, puis a fait un exposé de la question des laves analcimiques à l'occasion de celles qui, aux époques pliocène et quaternaire, se sont épanchées dans l'Afrique du Nord, en Oranie et dans la portion limitrophe du Maroc.

Enfin M. Malladra a donné un intéressant exposé de l'activité du Vésuve depuis 1922, en insistant sur les phénomènes hawaïens récemment observés dans le cratère.

L'impression dans le Bulletin de tous ces travaux a été décidée.

SECTION D'HYDROLOGIE SCIENTIFIQUE.

La création d'une Section d'Hydrologie scientifique avait été décidée à Rome en 1922. Un bureau avait même été nommé, mais l'organisation

était restée en suspens. Une première question s'est posée, celle de savoir s'il y avait lieu d'accueillir la proposition faite de réunir cette section à celle de Météorologie. Cette proposition a été rejetée unanimement par les deux sections intéressées.

La présente session a été consacrée à l'organisation définitive de la section et à l'établissement d'un plan d'études.

RÉUNIONS COMMUNES A DIVERSES SECTIONS.

Lors de la première assemblée générale à Rome, des tentatives ont été faites pour établir une scission entre la géodésie et la géophysique et créer deux unions distinctes. Les géophysiciens avaient été unanimes pour repousser un semblable projet, estimant qu'il y avait le plus haut intérêt à ce que ces deux disciplines restent en étroite connexion. En conséquence, l'Union avait rejeté la proposition.

La sagesse d'une semblable décision est apparue nettement dans la réunion de Madrid. Il est devenu évident que, non seulement géodésiens et géophysiciens ont avantage à tenir leurs sessions unies dans le temps et dans l'espace, mais encore qu'il est indispensable pour certaines questions d'établir une union encore plus intime.

C'est ainsi, en particulier, que, sur la proposition du Comité américain, a eu lieu une réunion commune des sections de géodésie, de sismologie et de volcanologie pour la discussion des méthodes à suivre pour l'étude de la Terre dans les régions d'activité sismique et volcanique. Certaines questions se présentent à l'esprit d'une façon pressante, par exemple la nécessité d'effectuer des nivellements très précis dans les régions occupées par les volcans et de répéter les observations à des intervalles fréquents, afin de voir s'il ne s'y produit pas des mouvements du sol. Il est à désirer que ce travail soit fait par le Service géodésique des régions intéressées. M. Bowie et M. Reid ont mis l'assemblée au courant de l'œuvre effectuée dans ce sens aux États-Unis et à Hawaï.

Sur la demande de M. A. Lacroix, le général Vacchelli a fait, au nom de l'Institut géographique militaire de Florence, la promesse d'effectuer le même travail au Vésuve.

M. Turner a insisté sur l'importance des recherches combinées à entreprendre sur cette question et sur d'autres du même ordre.

M. Eredia met sous les yeux des Sections de très belles photographies du cratère de l'Etna faites par avion et insiste sur l'intérêt que ce genre d'observations présente pour l'étude des volcans. M. Malladra fait remarquer que des observations semblables se font couramment au Vésuve et que de nombreux films cinématographiques ont pu être pris de cette façon.

J'ai indiqué plus haut que d'autres réunions ont eu lieu entre les Sections de Géodésie et d'Océanographie, de Météorologie et de Magnétisme terrestre.

Enfin il est apparu que, dans les prochaines assemblées générales, des dispositions devront être prises pour permettre qu'au moins un certain nombre de séances des sections ne coïncident pas avec celles des sections voisines; beaucoup des délégués, en effet, ont intérêt à suivre les travaux de sections différentes.

A la suite d'élections complémentaires, les Bureaux de l'Union et des Sections sont ainsi constitués jusqu'à la prochaine assemblée qui aura lieu, dans trois ans, à Prague:

Président de l'Union, M. Ch. Lallemand; *secrétaire général*, M. le colonel H. G. Lyons.

Géodésie : *Président*, M. W. Bowie; *vice-président*, M. R. Gautier; *secrétaire général*, M. le colonel G. Perrier.

Sismologie : *Président*, M. H. N. Turner; *vice-présidents*, MM. O'Donnel, Galbis et H. F. Reid; *secrétaire*, M. Rothé.

Météorologie : *Président*, Sir Napier Shaw; *vice-présidents*, MM. Delcambre et Marwin; *secrétaire*, M. F. Eredia.

Magnétisme terrestre : *Président*, M. Chree; *vice-président*, M. L. Palazzo; *secrétaire*, M. L. A. Bauer.

Océanographie : *Président*, M. Odon de Buen; *vice-présidents*, M. l'amiral Sir John Parry, MM. Volterra, Lamb, Joubin, Littlehales et Maurice; *secrétaire*, M. G. Magrini.

Volcanologie : *Président*, M. A. Lacroix; *vice-présidents*, MM. H. Washington et Fernandez Navarro; *secrétaires*, MM. A. Malladra et Gaetano Platania.

Hydrologie scientifique : *Président*, M. B. H. Wade; *vice-président*, M. Wallen; *secrétaire*, M. G. Magrini.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Règles scientifiques pour le renforcement des constructions en maçonnerie*. Note de M. **Charles Rabut**.

Les progrès réalisés dans la construction rationnelle des ouvrages neufs par la division du travail entre le fer soumis à des efforts d'extension et le béton affecté aux efforts de compression s'étendent logiquement à la consolidation des ouvrages existants, où l'observation du même principe permet

de porter à son maximum ce que j'appelle le rendement d'un procédé de construction, c'est-à-dire le rapport de la sécurité à la dépense.

Dans une récente Communication, j'ai traité le problème de la consolidation des constructions métalliques, qui est posé depuis une quarantaine d'années pour les ponts de chemins de fer par l'aggravation du poids, de la vitesse et du nombre des trains et j'ai exposé la solution rationnelle de ce problème, qui est le bétonnage. Après la guerre, les mêmes causes ont posé les mêmes questions à l'égard des ponts en maçonnerie et il apparaît que pour eux le remède consiste dans l'addition d'armatures métalliques. Tous les ouvrages rationnellement renforcés rentreront ainsi dans les conceptions générales du béton armé, dont la construction métallique et la construction en maçonnerie étaient déjà, si l'on veut, deux cas limites et opposés.

Il faut toutefois noter entre ces deux cas limites une différence importante. Une charpente métallique bien conçue ne déroge en rien aux prescriptions rationnelles qui régissent la construction en béton armé; au contraire, si l'on veut considérer, comme la logique l'exige, un ouvrage en maçonnerie comme du béton armé *au pourcentage zéro*, on doit constater que ses dispositions sont *fautives* en ce qu'il subit toujours, en quelqu'une de ses parties, des efforts d'extension non équilibrés par une armature; et en fait, ces efforts produisent des fissures faciles à observer, dans les ponts, à l'intrados de la clé, à l'extrados des joints de rupture et sur les plinthes au-dessus des piles; dans les barrages, au pied de la face amont et vers le haut de la face aval. Fait digne de remarque, les constructeurs, qui voient ces fissures sans émotion depuis des siècles, ne les tolèrent pas dans les ouvrages en béton armé où elles seraient cependant moins dangereuses, étant *cousues* par l'armature. Mais des faits nouveaux viennent maintenant troubler leur ancienne quiétude : sous les effets dynamiques de la circulation moderne, les fissures des ponts s'élargissent; dans les bâtiments industriels, la trépidation des moteurs produit le même effet; dans les barrages, les infiltrations causent, à la longue, des avaries encore plus dangereuses. Le moment est venu d'envisager des consolidations qui, en général, devront remédier non seulement à des lésions récentes, mais à des lésions préexistantes.

Il résulte de ce simple exposé que la première règle à formuler est *d'armer de métal les parties tendues*.

La seconde est de réaliser cette armature avec le minimum de démolition de l'ouvrage existant, ce qui conduit à *appliquer l'armature principale à*

l'extérieur. Pour un pont, ce sera donc à l'intrados des voûtes dans sa partie centrale, et le parti le plus simple consistera dans l'emploi de plaques, de nervures ou de plaques nervées; dans certains cas on les soutiendra par un anneau en béton; mais il sera toujours indispensable, pour que leur efficacité atteigne toute la profondeur de la zone d'extension, de *les clouer à la maçonnerie* au moyen de pitons plats enfoncés au maillet dans les joints et qui constitueront ainsi l'armature secondaire.

Il est évident que si l'on se bornait à cette adjonction de métal, on ne réduirait que les efforts produits par les surcharges qui, dans les ponts en maçonnerie, sont toujours moins importantes que le poids mort. Il est donc nécessaire, à moins qu'il ne s'agisse d'une consolidation préventive, de faire appel à la *synthèse statique* pour faire travailler l'armature sous la charge permanente. D'où une troisième règle, qui est de *soulever la voûte*, dans sa partie centrale, de la hauteur nécessaire pour annuler l'effet du poids mort, avant d'assujettir définitivement l'armature principale; et comme cette opération aura pour effet d'ouvrir des joints qui étaient écrasés par un excès de compression, il y aura lieu de les remplir par une *injection de mortier de ciment*.

L'opération du soulèvement, très facile pour les petites voûtes, entraîne pour les grandes une certaine dépense qu'augmentera, le cas échéant, la nécessité de maintenir la circulation sur le pont pendant les travaux. Il en résulte que pour les ouvrages de grande ouverture, la *consolidation préventive* est à recommander. Je l'ai, dès 1900, appliquée suivant les règles 1 et 2 ci-dessus, à la voûte du tunnel de Meudon, appelée à supporter, après tassement du sol, une charge permanente de 15^{atm} (75^{m} d'épaisseur de sable mouillé de densité double de celle de l'eau) et je suis conduit maintenant à l'envisager pour un grand nombre de ponts sous voies ferrées.

J'ai aussi à m'occuper de consolider des barrages existants. Dans ces ouvrages, les efforts d'extension doivent, en général, être supposés exister tangentiellement à la face amont et toujours normalement à la face aval.

Les premiers doivent être combattus par l'addition d'une plaque de tôle fixée par des pitons sur la face amont, les seconds par des contreforts en béton armé construits à l'aval du barrage.

La synthèse statique doit être appliquée en supprimant la retenue pendant l'exécution des travaux si la dépense qui en résulte n'est pas excessive.

M. **Louis Joubin** fait hommage à l'Académie de l'ouvrage qu'il vient de publier, en collaboration avec M. **Ed. Le Danois**, sous le titre : *Catalogue illustré des animaux marins comestibles des côtes de France et des mers limitrophes avec leurs noms communs français et étrangers*. Première partie : *Poissons osseux*.

M. **Daniel Berthelot** fait hommage à l'Académie de son ouvrage : *La science et la vie moderne*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Bourret. *Contributions à l'étude des roches éruptives indo-chinoises*.

2° H. Ollivier. *Travaux pratiques de physique générale* exécutés à l'Institut de physique de la Faculté des Sciences de Strasbourg en vue du certificat d'études supérieures de physique générale. Première série. (Présenté par M. A. Cotton.)

M. le **Directeur de l'Office national météorologique** prie l'Académie de bien vouloir désigner un de ses Membres qui remplacera, dans la Section scientifique de l'Office, M. *J. Violle*, décédé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles complexes*. Note de M. **Paul Montel**.

1. Considérons un système (S) de ν fonctions de la variable complexe z

$$(S) \qquad g_1(z), \quad g_2(z), \quad \ldots, \quad g_\nu(z),$$

holomorphes dans un domaine (D). Tous les systèmes de ν fonctions déduits de (S) au moyen de ν combinaisons linéaires à coefficients constants dont le déterminant n'est pas nul seront dits systèmes équivalents.

On appellera *combinaison exceptionnelle* pour le système (S), tout poly-

nome du premier degré en $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$, à coefficients constants

$$\lambda_0 + \lambda_1 g_1 + \lambda_2 g_2 + \ldots + \lambda_\nu g_\nu$$

qui ne s'annule pas dans (D). Nous dirons que l'expression précédente est un polynome linéaire, et nous appellerons forme linéaire correspondante celle qu'on déduit du polynome linéaire par la suppression de la constante λ_0.

Supposons que les fonctions $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$ soient entières et que l'une d'elles au moins ne soit pas un polynome. On peut énoncer la proposition suivante relative au cas où le domaine (D) contient le point à l'infini.

Théorème. — *Un système de ν fonctions entières ne peut admettre plus de $2\nu - 1$ combinaisons exceptionnelles à l'extérieur d'un cercle lorsque $\nu + 1$ de ces combinaisons et ν des formes linéaires correspondantes sont toujours indépendantes.*

Appelons combinaisons exceptionnelles du premier type celles qui sont égales à des polynomes entiers en z; les autres seront du second type. Avec les mêmes hypothèses :

Le nombre des combinaisons exceptionnelles du premier type ne peut dépasser $\nu - 1$. Le nombre des combinaisons exceptionnelles du second type ne peut dépasser ν.

Le nombre des combinaisons exceptionnelles est le même pour tous les systèmes équivalents.

2. Nous dirons que ν combinaisons linéaires forment un tableau triangulaire si on peut les mettre sous la forme

$$\begin{array}{l} \lambda_0^1 + \lambda_1^1 g_1, \\ \lambda_0^2 + \lambda_1^2 g_1 + \lambda_2^2 g_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \lambda_0^\nu + \lambda_1^\nu g_1 + \lambda_2^\nu g_2 + \ldots + \lambda_\nu^\nu g_\nu. \end{array}$$

Les λ_i^j sont des constantes et aucun λ_i^i n'est nul : nous supposerons dorénavant que tous les λ_i^i sont remplacés par l'unité.

Étant données 2ν combinaisons linéaires, on ne peut pas en général les répartir en deux tableaux triangulaires. Afin qu'il en soit ainsi pour un système équivalent à (S), il faut que les λ_i^j vérifient $\frac{\nu(\nu-1)}{2}$ conditions. Dans le cas où 2ν combinaisons forment deux tableaux triangulaires, nous appellerons « combinaisons associées » deux combinaisons qui contiennent le même nombre de variables.

Considérons une famille complexe, c'est-à-dire un ensemble de systèmes (S) de ν fonctions $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$. Nous appellerons *famille complexe normale* une famille complexe telle que, de toute suite infinie de systèmes de cette famille, on puisse extraire une suite partielle

$$(S_n) \qquad g_1^{(n)}, \quad g_2^{(n)}, \quad \ldots, \quad g_\nu^{(n)},$$

convergeant uniformément vers un système limite

$$(S_0) \qquad g_1^0, \quad g_2^0, \quad \ldots, \quad g_\nu^0$$

à l'intérieur du domaine (D) où la famille est définie. En d'autres termes, ε étant arbitrairement petit, on aura pour n assez grand

$$|g_i^{(n)} - g_i^0| < \varepsilon \qquad (i = 1, 2, \ldots, \nu),$$

quel que soit z dans un domaine complètement intérieur à (D). Certaines des fonctions limites g_i^0 peuvent être des constantes finies ou la constante infinie. Dans ce dernier cas, l'inégalité précédente est remplacée par l'inégalité

$$\left|\frac{1}{g_i}\right| < \varepsilon.$$

On démontre la proposition suivante :

Théorème. — *Si une famille complexe possède dans un domaine* (D) 2ν *combinaisons exceptionnelles formant deux tableaux triangulaires, cette famille est normale lorsque, en un point intérieur à* (D), *les valeurs de deux combinaisons associées sont toujours différentes.*

Pour $\nu = 1$, on retrouve le théorème connu relatif aux familles de fonctions admettant deux valeurs exceptionnelles. Pour $\nu > 1$, une famille complexe admettant 2ν combinaisons exceptionnelles peut ne pas être normale.

Dans le théorème précédent, on peut remplacer la famille donnée par une autre obtenue en substituant au système (S) un système équivalent. Il suffit qu'une de ces familles soit normale pour qu'elles le soient toutes; donc, il suffit que les combinaisons exceptionnelles puissent former deux tableaux triangulaires pour un système équivalent à (S).

Dans le cas où les fonctions $g_i(z)$ sont méromorphes dans (D), l'existence d'une seule combinaison exceptionnelle permet de trouver un système équivalent formé de fonctions holomorphes. Pour que la famille soit normale, il suffit de pouvoir trouver $2\nu + 1$ combinaisons exceptionnelles donnant naissance, pour ce système équivalent, à deux tableaux triangulaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations intégro-différentielles linéaires du second ordre*. Note de M. **Maurice Gevrey**.

1. Envisageons d'abord une fonction inconnue u de deux variables indépendantes. Soient deux points $P(x, y)$ et $\Pi(\xi, \eta)$. Posons

$$\mathcal{F}(P; u) \equiv A \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2B \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a \frac{\partial u}{\partial x} + b \frac{\partial u}{\partial y} + c u,$$

$$\mathcal{F}_1(P, \Pi; u) \equiv A_1 \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + 2B_1 \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} + C_1 \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} + a_1 \frac{\partial u}{\partial \xi} + b_1 \frac{\partial u}{\partial \eta} + c_1 u,$$

les coefficients de $\mathcal{F}$ étant fonctions de P et ceux de $\mathcal{F}_1$ fonctions de P et de Π. Nous nous proposons de résoudre les équations de la forme

$$(1) \quad \mathcal{F}(P; u) + \int\int_D \mathcal{F}_1(P, \Pi; u)\, d\omega_\Pi + \int_C \left[\alpha(P, m) \frac{\partial u}{\partial x'} + \beta \frac{\partial u}{\partial y'} + \gamma u\right] ds + f(P) = 0,$$

que nous appellerons *équation intégro-différentielle* du type elliptique (E), hyperbolique (H) ou parabolique (P), suivant que $AC - B^2$ est positif, négatif ou nul. D désigne le domaine où l'on veut calculer u, et C le contour bordant ce domaine et portant les données *dans les mêmes conditions que pour une équation aux dérivées partielles ordinaire*; $d\omega_\Pi$ est un élément de D entourant Π et $m(x', y')$ un point courant de C.

2. Supposons l'équation du type elliptique : D est alors un domaine borné, limité par la courbe fermée C et l'on se donne sur C, d'une manière générale, une relation linéaire entre u et ses dérivées premières. Pour calculer u à l'intérieur de D, on peut procéder de plusieurs manières : indiquons-en deux.

Soit $\mathcal{G}$ la fonction de Green permettant de résoudre, *pour l'équation* $\mathcal{F} = 0$, le problème aux limites énoncé : nous avons appris antérieurement à former $\mathcal{G}$ (¹). L'équation (1) peut s'écrire $\mathcal{F} - z(P) = 0$, z étant une fonction inconnue. La formule fondamentale, relative à cette équation en u et à son adjointe, donne alors

$$u(P) = \int\int_D \mathcal{G}(\Pi, P)\, z(\Pi)\, d\omega_\Pi + F(P),$$

F étant une fonction connue dépendant des coefficients de $\mathcal{F}$ et des données.

Substituant cette valeur de u dans l'équation (1), on trouve, après quelques

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 610 et 839.

transformations d'intégrales, une équation de la forme

$$(2) \qquad z(\mathrm{P}) + \iint_{\mathrm{D}} k(\mathrm{P}, \Pi)\, z(\Pi)\, d\omega_{\Pi} = \varphi(\mathrm{P}),$$

φ étant une fonction connue et le noyau k présentant en P un pôle d'ordre <2 : c'est donc une équation de Fredholm d'un type classique. Nous faisons ici sur le contour les mêmes hypothèses qu'antérieurement [1]; quant aux données, elles doivent être telles que les dérivées de F, substituées dans (1), conduisent à des intégrales ayant un sens. Dans bien des cas, la continuité suffira, mais nous ne pouvons entrer dans le détail de ces discussions.

3. Un cas particulièrement important du type elliptique est celui de l'équation [2]

$$(1^*) \qquad \mathcal{F}^* \equiv \mathcal{F}(\mathrm{P};\, u) + \iint_{\mathrm{D}} \mathrm{H}(\mathrm{P}, \Pi)\, u(\Pi)\, d\omega_{\Pi} + f(\mathrm{P}) = 0.$$

Soit $\mathcal{H} = 0$ l'équation adjointe de $\mathcal{F} = 0$: envisageons l'équation

$$(3) \qquad \mathcal{H}^* \equiv \mathcal{H}(\mathrm{P};\, v) + \iint_{\mathrm{D}} \mathrm{H}(\Pi, \mathrm{P})\, v(\Pi)\, d\omega_{\Pi} = 0.$$

On constate alors que l'intégrale $\mathrm{I} = \iint_{\mathrm{D}} (v\mathcal{F}^* - u\mathcal{H}^*)\, dx\, dy$ se transforme en une intégrale curviligne prise le long de C. Soit alors un problème aux limites donné pour u. Remplaçons v par une intégrale $\mathcal{G}^*$ de l'équation (3) satisfaisant aux mêmes conditions aux limites et ayant la même forme que la fonction de Green $\mathcal{G}$ qui correspondrait à ce problème pour l'équation $\mathcal{F} = 0$: la formule fondamentale $\mathrm{I} = 0$ nous donne alors la valeur de u en tout point de D. La fonction $\mathcal{G}^*$ s'obtient par la même méthode que $\mathcal{G}$ [3] : son calcul nécessite la résolution d'une équation de Fredholm. Ici donc *une seule équation intégrale suffit pour calculer u* et nous n'avons pas à passer par l'intermédiaire de l'équation (2).

4. On peut d'ailleurs ramener la forme (1) à la forme (1^*). Pour un problème aux limites donné, des transformations d'intégrales permettent en effet (si toutefois les coefficients admettent les dérivées nécessaires) de

---

(1) *Loc. cit.*, p. 611.
(2) Cf. G. Bertrand, *Annales de l'École Normale*, t. 40, 1923, p. 203.
(3) *Loc. cit.*, éq. (3) et (4).

mettre l'équation (1) sous la forme

$$\mathcal{F}(\mathrm{P};\,u)+\int\!\!\int_{\mathrm{D}}\mathrm{K}(\mathrm{P},\Pi)\,\mathcal{F}(\Pi;\,u)\,d\omega_\Pi+\int\!\!\int_{\mathrm{D}}\mathrm{H}_1(\mathrm{P},\Pi)\,u_\Pi\,d\omega_\Pi+\mathrm{F}(\mathrm{P})=0,$$

F étant une fonction connue. On en conclut que u est solution d'une équation de la forme (1*), où H désigne le résultat de la composition de H_1, avec le noyau résolvant relatif à K. Nous avons ainsi un second procédé de résolution de l'équation (1) au moyen d'une fonction G*.

5. Les méthodes précédentes peuvent être appliquées, avec les modifications nécessaires, aux types hyperboliques (H) ou paraboliques (P). Dans le cas des équations (1*), on pourra former une fonction de Riemann pour (H) [problème de Cauchy] ou une fonction de Green pour (P), qui seront solutions d'une équation analogue à (3).

Toutefois, si les premiers termes de l'équation (1) ont été ramenés à la forme canonique $\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}$ pour (H) ou $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}-\frac{\partial u}{\partial y}$ pour (P) [avec $\mathrm{C}_1=0$], la méthode des approximations successives conduit sans peine au calcul de u. Cette même méthode fournit également la solution quand l'équation intégro-différentielle n'est pas linéaire en $\frac{\partial u}{\partial x}$, $\frac{\partial u}{\partial y}$ et u [1].

6. L'extension au cas de n variables $x_1, \ldots, x_n$ se fait aisément. Dans le type (E) $\mathcal{F}$ est de la forme $\Sigma\, a_{ik}\frac{\partial^2 u}{\partial x_i\,\partial x_k}+\Sigma\, b_i\frac{\partial u}{\partial x_i}+cu$, en supposant la forme $\Sigma\, a_{ik}\mathrm{X}_i\mathrm{X}_k$ définie. Le calcul de $\mathcal{G}$ se fait alors comme nous l'avons expliqué [2]. Dans le type (P) à $n+1$ variables, il faut ajouter à $\mathcal{F}$ (et à $\mathcal{F}_1$) le terme $-\frac{\partial u}{\partial y}$ et procéder pour le calcul de $\mathcal{G}$ suivant la méthode que nous avons indiquée [3].

Pour les deux types, $\mathcal{G}^*$ s'obtient également par le même procédé qu'au n° 3.

---

(1) On peut se proposer, pour l'équation (1*) de type elliptique canonique ($\mathrm{A}_1=\mathrm{C}_1=1$, $\mathrm{B}_1=0$), de résoudre le problème de Dirichlet avec le minimum d'hypothèses. La méthode que j'ai donnée dans les *Annales de l'École Normale*, t. 35, 1918, p. 129, peut s'appliquer ici. Il suffit de supposer : 1° que les données sont continues; 2° que les coefficients de $\mathcal{F}$ satisfont aux mêmes conditions que la densité d'un potentiel logarithmique vérifiant la relation de Poisson (*loc. cit.*, p. 149); 3° que le contour C peut être transformé en un cercle par une représentation conforme conservant aux coefficients la propriété n° 2.

(2) *Loc. cit.*, p. 612.

(3) *Ibid.*, p. 841.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Borel et sur une généralisation de la théorie de M. Picard-Landau* [1]. Note [2] de M. **André Bloch**, transmise par M. Émile Borel.

Un théorème classique de M. Borel [3], à peu près incompris jusqu'à présent, est le suivant :

Soient $G_1, G_2, \ldots, G_{n+2}$; $H_1, H_2, \ldots, H_{n+2}$ *des fonctions entières de* z, *ou des fonctions holomorphes dans le voisinage d'un point essentiel isolé à l'infini. Si les* G_i *sont inférieurs en module maximum à* $e^{\mu(r)}$ *et les* $H_i - H_k$ *supérieurs en module maximum à* $[\mu(r)]^{1+\alpha}$, *l'identité*

$$\Sigma G_i(z)\, e^{H_i(z)} = 0$$

exige que tous les G *soient identiquement nuls.*

Le cas le plus important est celui où les G n'admettent pas effectivement le point à l'infini pour point essentiel; le théorème s'énonce alors comme il suit :

Soient des fonctions en nombre quelconque, uniformes dans le voisinage d'un même point qu'elles admettent effectivement pour tout point essentiel isolé, et dont la somme n'est pas identiquement nulle. Alors, dans un cercle, si petit soit-il, contenant ce point, se présente une des circonstances suivantes : une des fonctions devient nulle ou infinie, ou bien leur somme devient égale à l'unité.

Pour obtenir les théorèmes en termes finis correspondant à cette dernière proposition, il est nécessaire de donner plus de précision aux propositions préliminaires utilisées par M. Borel dans sa démonstration (*loc. cit.*). En ce qui concerne les dérivées, cela ne présente aucune difficulté. Le point important consiste à mettre sous une forme appropriée le théorème de M. Hadamard sur le minimum du module; la suivante, entièrement conforme à l'ordre d'idées développé par M. Borel, suffit à l'objet en vue; on peut l'établir en suivant une marche indiquée par M. Valiron [4].

Soit $f(z)$ *une fonction égale à* 1 *pour* $z = 0$, *et holomorphe dans un cercle*

---

(1) Errata de la Note des *Comptes rendus* du 16 juin 1924 : page 2051, ligne 5, à partir du bas, *lire* : $x^2 + y^3 - 1 = 0$; ligne 4, à partir du bas, *lire* : établi par M. Landau dans les *Rendiconti di Palermo*, 1922.

(2) Séance du 22 septembre 1924.

(3) *Sur les zéros des fonctions entières* (*Acta math.*, t. 20, 1896-1897, p. 387).

(4) *Recherches sur la théorie de M. Picard dans les fonctions entières* (*Ann. de l'Éc. Norm.*, t. 39, 1922, p. 333).

indéterminé de centre origine; soit M(r) *son module maximum pour* $|z| = r$. *Dès que* M$(r) > 2$, *l'inégalité*

$$\log|f(z)| > -[\log M(r)]^{1+\alpha}$$

est vérifiée dans le cercle d'holomorphie, sauf peut-être dans des couronnes pour lesquelles la variation totale de log r *ne dépend que de* α $\left(\text{se réduit à une constante numérique si } \alpha = \frac{1}{100}\right)$.

L'application de la méthode de M. Borel conduit, à l'aide de ce lemme, à des propositions en termes finis relatives au cas d'un nombre quelconque de fonctions; pour abréger, nous les énonçons seulement pour $n = 2$.

Soient

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots; \qquad g(z) = b_0 + b_1 z + \ldots$$

deux fonctions holomorphes dans le cercle $|z| < 1$, *ne s'y annulant pas, et dont la somme n'y devient pas égale à l'unité.*

1° *Si le point* (a_0, b_0) *est arbitraire, on peut assigner à* a_1 *et* b_1 (*et de même à* a_i *et* b_i) *des bornes supérieures dépendant uniquement de* (a_0, b_0).

2° *Si le point* (a_0, b_0) *satisfait à* $a_0 + b_0 = 0$, *et est par ailleurs arbitraire,* $a_1 + b_1$ *admet une borne supérieure dépendant uniquement de* (a_0, b_0). *Si* $a_0 = 1$, b_0 *arbitraire,* a_1 *admet une borne supérieure dépendant uniquement de* (a_0, b_0). *De même si* $b_0 = 1$, mutatis mutandis.

3° *Si* $a_0 = b_0 = 1$, $a_1 b_1$ *est borné supérieurement par une constante numérique. Si* $a_0 = 1$, $b_0 = -1$, *c'est* $a_1(a_1 + b_1)$. *Si* $a_0 = -1$, $b_0 = 1$, *c'est* $b_1(a_1 + b_1)$.

Plus généralement :

Soient dans le plan projectif quatre droites fixes P, Q, R, S, *en position générale, les premiers membres de leurs équations satisfaisant à* $P + Q + R + S = 0$. *Les coordonnées d'un point* M *de ce plan sont à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$ *fonctions méromorphes de la variable* z; *pour* $|z| < 1$, *le point* M *ne vient sur aucune des quatre droites; il a pour* $z = 0$ *une position* M_0. *Alors, lorsque* z *demeure intérieur au cercle* $|z| < \rho < 1$, *les quantités suivantes admettent des bornes supérieures et inférieures dépendant uniquement de* M_0 *et* ρ :

Si M_0 *est arbitraire, ce sont les rapports respectifs de* P, Q, R, S. *Si* M_0 *est sur une diagonale* $P_0 + Q_0 = R_0 + S_0 = 0$, *ce sont* $\frac{P}{Q}$ et $\frac{R}{S}$. *S'il est à l'intersection de deux diagonales :* $P_0 = Q_0 = -R_0 = -S_0$, *c'est* $\frac{PQ}{RS}$.

Le théorème suivant, non démontré, est probablement exact :

Soient

$$f(x, y, \ldots, t), \quad g(x, y, \ldots, t), \quad \ldots, \quad k(x, y, \ldots, t),$$

n fonctions de n variables déterminées à l'intérieur de la variété hermitienne

$$\frac{x\bar{x}}{A} + \frac{y\bar{y}}{B} + \ldots + \frac{t\bar{t}}{E} - 1 = 0,$$

où A, B, ..., E *sont positifs; elles y sont supposées holomorphes, ne s'y annulent pas, et leur somme n'y devient pas égale à l'unité; elles prennent à l'origine des valeurs* $a_0, b_0, \ldots, e_0$. *Dans ces conditions, on peut assigner au déterminant fonctionnel*

$$\frac{\partial(f, g, \ldots, k)}{\partial(x, y, \ldots, t)} \qquad (x = y = \ldots = t = 0)$$

une borne supérieure dépendant uniquement du point $(a_0, b_0, \ldots, e_0)$ *et du produit* AB...E.

Dans la théorie de Picard-Landau, les résultats les plus complets sont obtenus à l'aide de la fonction modulaire, laquelle réalise l'uniformisation la plus naturelle de la droite à trois points lacunaires. Ici, les résultats les plus complets seront vraisemblablement fournis par la considération de certaines fonctions hyperfuchsiennes, réalisant l'uniformisation la plus naturelle du plan à quatre droites totalement lacunaires, de l'espace à cinq plans totalement lacunaires, etc. La détermination effective de ces fonctions serait sans doute un problème du plus haut intérêt.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques changements récemment observés sur Mars avec la lunette de* $0^m,83$ *de l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

Les plages foncées de Mars ont été souvent plus ou moins effacées, pendant l'opposition actuelle, par des voiles jaunes. Quant aux nuages blanchâtres de la planète, nous ne les avons observés surtout que comme des projections sur le terminateur.

Indépendamment de ces modifications survenant dans l'atmosphère de Mars, nous avons assisté, en 1924, à des changements très probables de la surface même de la planète, qui sont les suivants :

1° Le lac dit Trivium Charontis, la traînée du Cerberus, et le Pambotis Lacus sont apparus, depuis le début d'août, très développés et noirâtres.

2° Un amincissement marqué de la base de Deucalionis Regio a été reconnu par M. Baldet.

3° Le détroit dit Pandoræ Fretum est resté invisible, comme en 1911, jusqu'en ces derniers temps, alors qu'en 1909, on le voyait plus large et presque aussi foncé que le Sinus Sabæus (*fig.* 1 à 3).

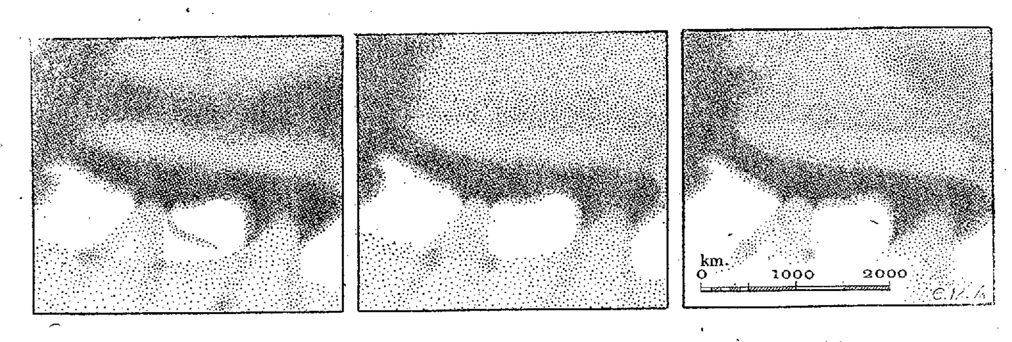


Fig. 1. — 1909. Fig. 2. — 1911. Fig. 3. — 1924.

Changements à période irrégulière de Pandoræ Fretum, sur Mars.
Ce détroit se voit dans la bande sombre horizontale du premier dessin. La traînée foncée inférieure est le Sinus Sabæus.

4° Entre le 2 et le 3 août, les régions d'Æthiopis et d'Amenthes, rosées claires en juin, se couvrirent d'une grisaille plus de deux fois supérieure en surface à la France, grisaille qui s'est encore développée en septembre (*fig.* 4 à 7).

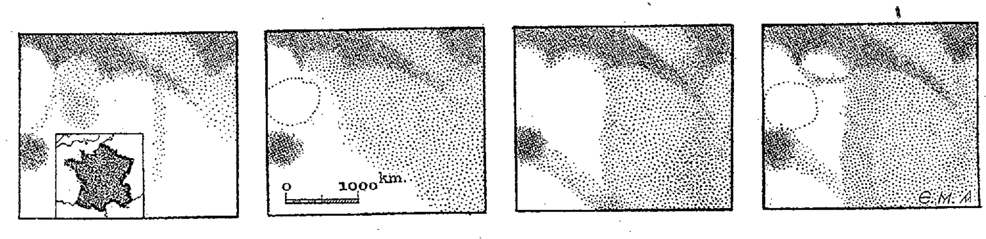


Fig. 4. — 2 août. Fig. 5. — 3 août. Fig. 6. — 4 septembre. Fig. 7. — 5 septembre.

Changements rapides observés, en 1924, sur les régions continentales d'Æthiopis et d'Amenthes, sur Mars.

5° L'estompage d'Icaria a reculé de 400^{km} depuis 1909.

Le changement de coloration, du vert au brun, de certaines plages foncées a été non moins remarquable. Aussitôt après les premières observations de 1924, les régions entourant les neiges australes ont paru verdâtres. Mais le 21 juin, Hellespontus, un large chenal (voir *fig.* 8),

fut observé brun. Le 9 août, je constatai que la calotte polaire était entourée d'une tache brune intense. Les observations ultérieures ont toutes montré cette teinte brune, qui gagnait de proche en proche des plages de plus en

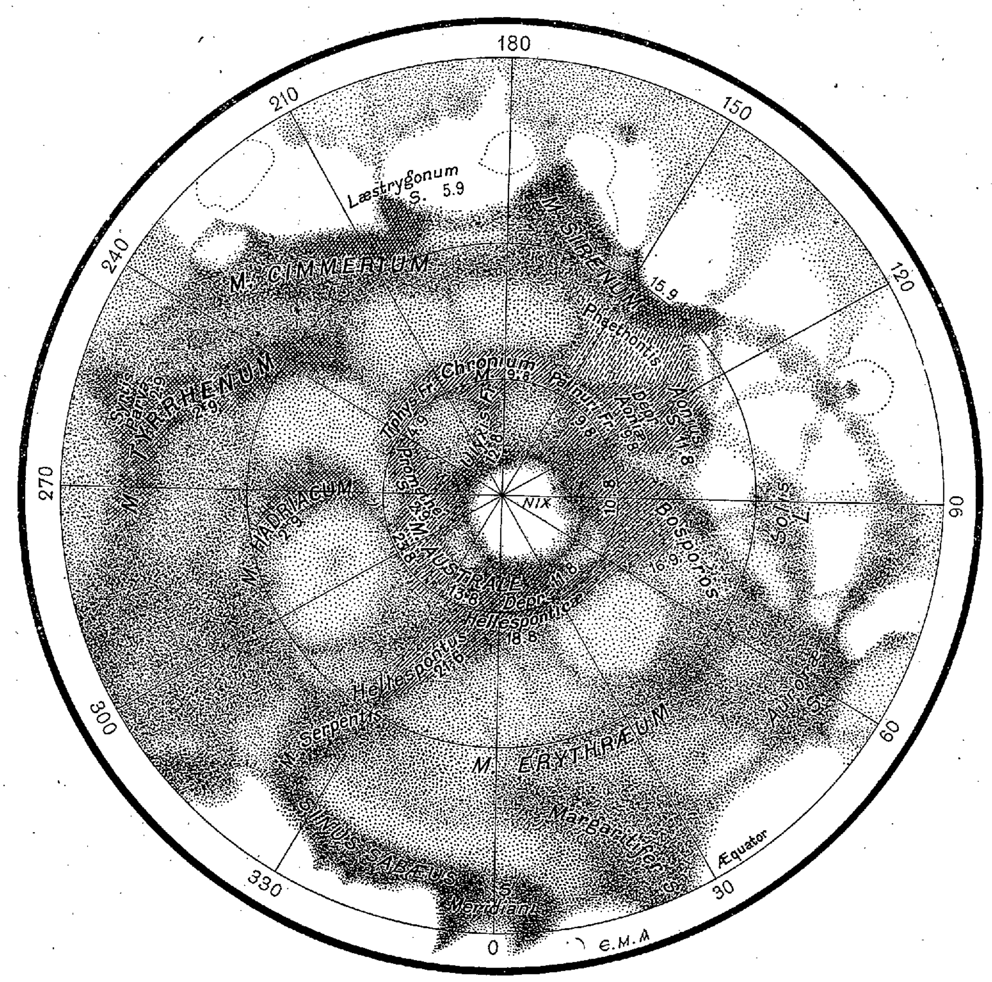


Fig. 8. — Projection stéréographique de l'hémisphère austral de Mars, d'après les observations faites à l'Observatoire de Meudon, en 1924, montrant le changement de coloration du vert au brun de quelques plages foncées. (Sur ce dessin, les hachures simples indiquent les taches vues colorées en brun pur; les hachures croisées, celles qui ont paru d'un brun lilas.)

plus éloignées du pôle sud, tout en se décolorant progressivement, et en prenant un ton roux dans le voisinage des neiges. Le 19 septembre, la limite inférieure de la tache brune atteignait, par 50° de longitude aréographique, la latitude australe de 30°.

Pendant ce temps, quelques-unes des plages sombres, appelées mers, prenaient, partiellement ou totalement, une teinte analogue, quoique pas identique. C'est ainsi que, le 2 septembre, M. Baldet observait une coloration brune, où nous voyions aussi une teinte lilas, sur le Mare Tyrrhenum; et que, le même jour, je remarquai la même couleur brune lilas dans la partie supérieure du Mare Hadriacum. Le 5 septembre, Læstrygonum Sinus et la partie avoisinante à l'Ouest (sur Mars) du Mare Cimmerium offraient la même coloration brune lilas; et le 15 septembre, toute la partie orientale du Mare Sirenum était, à son tour, teintée de brun lilas. On pourra suivre sur la figure 8 ces changements de couleur, que la grande luminosité de l'objectif de $0^m,83$ rend si faciles à observer, et que les instruments de moyenne puissance ne peuvent pas montrer.

Ces diverses variations, dues très vraisemblablement à des changements de la surface, ont évidemment un grand intérêt. Elles peuvent donner des indications très utiles sur la nature des plages plus ou moins foncées de la planète.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Polarisation de la planète Jupiter.* Note de M. Lyot, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai montré dans une précédente Note [1] que Mars et Mercure présentaient des phénomènes de polarisation tout à fait semblables à ceux de la Lune et indiquant l'absence d'une atmosphère épaisse sur ces planètes.

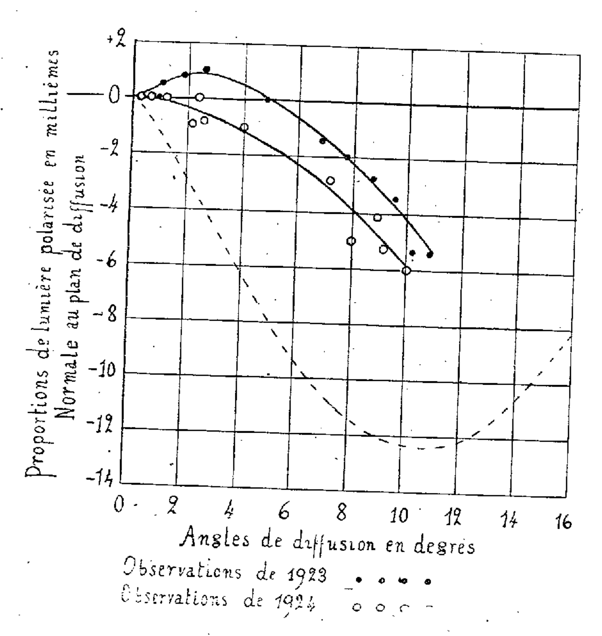
Il n'en est pas de même pour Jupiter. J'ai effectué sur cette planète quelques mesures en mai et juin 1922 suivies de deux séries complètes allant de l'opposition à la quadrature occidentale pendant les mois de mai, juin, juillet et août 1923 et 1924. La dernière a été faite avec l'équatorial de $0^m,83$ de l'Observatoire de Meudon, l'autre avec une lunette de $0^m,175$ pendant la réparation de la grande coupole.

La polarisation des régions centrales a varié au cours de ces deux dernières années comme l'indiquent les courbes A et B. Les abscisses des points qui y sont figurés représentent l'angle de diffusion défini dans les Notes précédentes comme la distance angulaire de la Terre et du Soleil vus de la planète; leurs ordonnées représentent la proportion de lumière polarisée considérée comme positive ou négative suivant que le plan de polarisation est parallèle ou normal au plan de diffusion.

(1) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 1796.

On voit qu'entre o et 11°, valeur limite de l'angle de diffusion, la polarisation des régions centrales est très inférieure à celle de la Lune représentée sur la figure par la courbe en pointillé et ne passe pas comme celle-ci par un maximum.

Les bandes claires et sombres visibles sur le disque n'ont jamais présenté entre elles aucune différence nette; au contraire les bords est et ouest ont acquis peu après la dernière opposition une polarisation positive sur une largeur allant jusqu'à deux dixièmes du diamètre.



Celle-ci atteignit un maximum de 2 à 3 millièmes vers le 15 juin dernier puis diminua rapidement et s'inversa vers le 22 juillet pour se confondre un mois après avec celle des régions centrales.

D'autre part les calottes polaires ont présenté un phénomène entièrement nouveau. Aux deux dernières oppositions, alors que sur tout le reste de la planète la polarisation était insensible, dans les régions polaires elle était au contraire très forte. Atteignant jusqu'à 70 millièmes aux pôles mêmes elle décroissait à peu près linéairement pour s'annuler à une distance de 9 secondes de ceux-ci; les calottes sombres de teinte gris bleu dont ils sont recouverts présentaient cette polarisation anormale jusqu'à leurs limites.

Le long du méridien central le plan de polarisation était perpendi-

culaire à l'axe de la planète; de part et d'autre de celui-ci il tournait de manière à rester en chaque point sensiblement normal au rayon.

Cet aspect curieux des pôles de Jupiter n'est pas sensiblement affecté par les variations de l'angle de diffusion : il n'a pas changé depuis mes premières observations polarimétriques; la calotte nord a toujours été un peu plus étendue et un peu moins polarisée que la calotte sud.

La polarisation observée sur les régions centrales de Jupiter peut être attribuée à la diffusion de la lumière par une couche de nuages recouverts d'une atmosphère plus épaisse que ceux de Vénus. Au centre, la polarisation négative due aux nuages dominerait, tandis qu'aux bords est et ouest elle serait masquée par la polarisation positive de l'atmosphère traversée sous une plus grande épaisseur.

Les phénomènes présentés par les calottes polaires ont un caractère tout différent; ils pourraient être expliqués par la diffusion de la lumière dans une atmosphère dichroïque ou contenant en suspension des cristaux orientés comme ceux des halos, verticalement ou horizontalement.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un système de points de masse variable.* Note de M. R. **Dugas**, présentée par M. L. Lecornu.

Considérons un point m_i de masse variable avec sa force vive T_i. Soient q_{ik} ($k = 1, 2, 3$) ses coordonnées rectangulaires. Posons encore $p_{ik} = m_i q'_{ik}$ (les q' étant les dérivées des q par rapport au temps). Nous avons

$$(1)\qquad \begin{cases} dT_i = d\sum_k p_{ik} q'_{ik} - d\mathfrak{F}_i, \\ d\mathfrak{F}_i = \sum_k p_{ik}\, dq'_{ik}. \end{cases}$$

Il en résulte

$$(2)\qquad \frac{2}{m_i}\int m_i\, dT_i = \sum_k p_{ik} q'_{ik}.$$

Faisons la somme des équations (2) pour un ensemble de points matériels analogues au précédent, soit

$$(3)\qquad 2\mathfrak{T} = 2\sum_i \frac{1}{m_i}\int m_i(T_i)\, dT_i = \sum_{ik} p_{ik} q'_{ik}.$$

Supposons qu'il existe pour le système de points une fonction des forces U homogène et de degré n par rapport aux coordonnées q_{ik}, on a

$$(4) \qquad n\,U = \sum_{ik} \frac{\partial U}{\partial q_{ik}} q_{ik} = \sum_{ik} p_{ik} q_{ik}.$$

La comparaison entre (3) et (4) donne immédiatement

$$(5) \qquad 2\varpi = \frac{d}{dt} \sum_{ik} p_{ik} q_{ik} - n\,U.$$

Il y a lieu de remarquer que les équations ci-dessus restent valables même si chaque fonction $m_i(T_i)$ est séparément arbitraire, c'est-à-dire si la loi de variation de la masse varie d'un point à un autre du système.

Il résulte de (5) que si le mouvement de l'ensemble est périodique, la moyenne de ϖ pendant une période est égale à celle de $-\frac{n}{2}U$.

Pour préciser considérons un système de noyaux fixes et d'électrons à trajectoires circulaires [1] autour de ces noyaux. Dans tout ce qui suit $n = -1$.

a. Si les électrons ont une masse constante, on a

$$2\varpi = 2\Sigma T_i = U.$$

ϖ se confond avec la demi-force vive du système. C'est un résultat obtenu par Bohr [2]. ϖ et U sont d'ailleurs constants.

b. Si les électrons ont une masse m_i variable avec T_i suivant la formule

$$m_i = m_{0i} + \frac{T_i}{C^2}$$

de la relativité restreinte, U et 2ϖ sont encore constants et égaux, et ϖ s'écrit :

$$\varpi = \sum_i T_i \frac{1 + \frac{1}{2}\frac{T_i}{m_{0i}C^2}}{1 + \frac{T_i}{m_{0i}C^2}}.$$

Soit encore le même système, mais ne négligeons plus l'excentricité des orbites.

---

(1) Dans tout ce qui suit, on néglige les perturbations.

(2) N. Bohr, *Phil. Mag.*, t. 26, 1913, p. 24.

a. Électrons de masse constante. — Le mouvement est périodique

$$\text{moy. } \mathfrak{E} = \text{moy.} \sum \mathrm{T}_i = \frac{1}{2} \text{ moy. U.}$$

b. Électrons relativistes. — Le mouvement de l'électron isolé, comme celui de l'ensemble est semi-périodique. Soit alors τ une période approchée du système. Au bout du temps τ chaque coordonnée du système s'approche aussi près qu'on le veut de sa valeur initiale. La proposition de Bohr ne s'applique plus qu'approximativement en prenant les moyennes de $\mathfrak{E}$ et de $\frac{\mathrm{U}}{2}$ pour la durée τ.

Remarque sur le point matériel $m(\mathrm{T})$. — Pour compléter des indications antérieures sur ce sujet, nous signalons les résultats suivants :

Étant donné le point $m(\mathrm{T})$ soumis à une force dérivant de la fonction arbitraire $\mathrm{U}(x, y, z)$, le temps étant exprimé par t, considérons la double transformation

$$m_0 d\mathrm{U}_0 = m(\mathrm{U} + h)\,d\mathrm{U}, \qquad d\mathrm{S} = dt\,\frac{m_0}{m} \qquad (m_0,\ h \text{ étant des constantes}).$$

Les équations du mouvement du point ordinaire m_0, la fonction des forces étant U_0, et le temps exprimé par S, sont équivalents aux équations du mouvement de m (¹). La considération de m et m_0 fournit ainsi une double interprétation, non seulement de la trajectoire, mais encore de la loi du mouvement.

La variable s ainsi introduite pour une fonction $m(\mathrm{T})$ arbitraire est l'extension du « temps propre » employé pour la fonction $m(\mathrm{T})$ linéaire en T.

La particularité de U_0 est de contenir explicitement la constante des force vives h relative à m. Cette circonstance permet dans certaines expériences de physique de discerner m de m_0, comme nous l'avons déjà indiqué (²).

Si à la force dérivant de $\mathrm{U}(x, y, z)$ vient s'ajouter pour m une force $[u, \mathrm{curl}\, \mathrm{A}]$ (produit vectoriel) le vecteur A ne dépendant pas explicitement de t, et v étant la vitesse de m; le point m_0 qui avec le temps s a les mêmes équations du mouvement est soumis, outre la force dérivant de U_0, à une

---

(¹) A la seule condition que $m(\mathrm{T})$ ne s'annule pas au cours du mouvement.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1799. Il y a lieu de remarquer qu'il s'agissait d'équations d'où t et s étaient respectivement éliminés.

force $[u, \text{curl}\,A]$ où $u = \frac{m}{m_0} v$ est la vitesse de m_0. Il est à remarquer que l'on a toujours $T = U + h$ pour le point m car la force additive est perpendiculaire à la vitesse.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Bohr.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Pour appuyer la généralisation hardie qui constitue son principe de correspondance, M. Bohr a démontré un théorème de dynamique des quanta que je vais énoncer dans un cas particulier.

Considérons dans l'atome deux trajectoires électroniques fermées, stables au sens de la théorie des quanta et correspondant aux nombres entiers n et $n+p$. Supposons de plus n très grand et p très inférieur à n. Lorsqu'un électron passe de la trajectoire de rang $n+p$ à la trajectoire de rang n, il y a, suivant les idées actuellement reçues, émission d'une radiation de fréquence égale au quotient par h de la différence des énergies possédées par l'électron avant et après la transition. Le nombre n étant très grand, la fréquence de rotation ω du mobile sur les deux orbites est presque la même. M. Bohr a montré que, si n croît indéfiniment, la fréquence de la radiation émise tend à devenir égale au produit par p de la fréquence mécanique ω. Elle en est donc harmonique, ce qui établit un lien entre la théorie quantique et la théorie électromagnétique de l'émission.

D'autre part nous poursuivons depuis un an un travail d'interprétation nouvelle des bases de la Mécanique. Selon nous, le mouvement d'un point matériel est lié à la propagation d'un groupe d'ondes dont la vitesse de propagation et la fréquence sont déterminées par un principe général à partir des grandeurs mécaniques (¹). La « vitesse de groupe » de ces ondes est égale à la vitesse du mobile de sorte qu'un point matériel pourrait en quelque façon être défini par un état local de concordance de phase.

En raison des hypothèses admises sur les nombres n et p, une des ondes du groupe définissant le mouvement sur l'orbite de rang n possède la fréquence ν_{n+p} dont la résonance sur l'orbite de rang $n+p$ donne à celle-ci

---

(¹) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 39. Dans cette Note, à l'avant-dernière ligne de la page 39, lire $\frac{1}{h}$ au lieu de h.

le caractère « stationnaire ». Le déplacement de cette onde s'obtient, d'après la définition même du groupe, en variant légèrement l'énergie le long de la trajectoire de rang n; on voit ainsi qu'elle est très approximativement en résonance d'ordre $n+p$ sur cette trajectoire. En résumé, le mouvement de l'électron sur l'orbite de rang n peut être représenté par la superposition des ondes de fréquence ν_n et ν_{n+p} en résonance respectivement d'ordre n et $n+p$. Cette superposition conduit à l'existence sur l'orbite de p points de concordance de phase dont l'un doit constamment coïncider avec l'électron.

Il est bien connu qu'en un point de l'espace, la fréquence du battement de deux ondes est égale à la différence de leurs fréquences. En un point de la trajectoire de rang n, il passe donc $\nu_{n+p} - \nu_n = \delta\nu$ points de concordance de phase par seconde, ce qui donne pour la fréquence des passages du mobile en ce point la valeur $\frac{\delta\nu}{p}$. On retrouve ainsi la formule de Bohr puisque la transition de l'électron de l'orbite de rang $n+p$ à l'orbite de rang n s'accompagne dans notre notation de l'émission d'une onde de fréquence $\delta\nu$.

Il paraît très intéressant de noter que la *configuration* des p points de concordance de phase se reproduit périodiquement avec la fréquence du $p^{\text{ième}}$ harmonique du mouvement mécanique. Il existerait donc dans l'atome quelque chose qui posséderait la fréquence des ondes dont l'émission et l'absorption seraient possibles. Bien entendu, ces conclusions ne sont valables que pour les orbites de rang très élevé, mais il est permis d'espérer les étendre de quelque manière aux orbites à petit nombre de quanta.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'amortissement des oscillations d'un résonateur hertzien.* Note de M. **W.-P. Allis**, présentée par M. G. Ferrié.

Nous nous sommes proposé de déterminer l'amortissement d'un résonateur en l'excitant par des ondes entretenues. Nous avons, à cet effet, tracé la courbe de résonance en employant, comme l'a fait Bjerknes en 1895 dans le cas d'ondes amorties, une méthode électrométrique. Les expériences ont porté, non sur un résonateur circulaire de Hertz, mais sur un résonateur du genre de celui de Blondlot et de capacité assez grande pour que lui soit applicable la formule de Thomson.

Le résonateur est un carré de 10^{cm} de côté en fil de cuivre de 37^{cm} de

diamètre. Au milieu de l'un des côtés est intercalé un condensateur dont les armatures sont des plaques carrées de $4^{cm},8$ de côté. On peut modifier la capacité en changeant la distance de ces plaques. Celles-ci sont réunies par des fils de 5^{cm} de longueur à deux petits plateaux de $0^{cm^2},5$ de surface, distants de $2^{cm},5$. Entre ces plateaux est suspendue, par un fil de quartz, une aiguille d'aluminium. Lorsque le résonateur oscille, l'aiguille dévie et la déviation est mesurée au moyen d'un miroir fixé à l'aiguille. On a préalablement gradué cet électromètre en le comparant, pour la fréquence 50, à un voltmètre. Une déviation de 10^{cm} sur une échelle de 150^{cm} correspond à 33,9 volts.

Un oscillateur à lampe agit, en couplage très lâche, d'une part sur le résonateur, d'autre part sur une ligne formée de deux fils de cuivre parallèles, distants de 2^{cm} et réunis à leur origine par une soudure thermo-électrique. Le long de la ligne on déplace un pont constitué par une plaque de cuivre percée de deux trous à travers lesquels passent les fils de la ligne. Lorsque la partie de la ligne comprise entre son origine et le pont est voisine de la résonance, un galvanomètre relié à la soudure dévie. La moyenne entre deux positions très rapprochées du pont pour lesquelles le galvanomètre indique la même déviation est la position de résonance. La distance entre deux positions de résonance successives mesure la demi-longueur d'onde de l'oscillateur.

On construit l'oscillateur de telle sorte que sa période soit voisine de celle du résonateur. Pour permettre de petites variations de fréquence de part et d'autre de l'accord, on intercale sur le circuit de l'oscillateur un ensemble de deux tubes parallèles en verre, remplis de mercure dans lesquels glissent les deux branches d'un fil de cuivre recourbé en forme d'U. Pour diverses positions du fil en U, on mesure d'une part la demi-longueur d'onde, d'autre part la déviation de l'électromètre. On peut alors tracer la courbe de résonance et en déduire la longueur d'onde et le décrément logarithmique des oscillations du résonateur.

Quand on approche de l'accord, le résonateur réagit sur l'oscillateur et fait un peu diminuer l'amplitude de ses oscillations, comme l'indique un ampèremètre thermique en série sur cet oscillateur. On modifie alors le chauffage de la lampe de façon à maintenir cette amplitude constante.

Le résonateur avait une self-induction invariable pour laquelle le calcul donne une valeur voisine de 270 unités électromagnétiques. Les capacités utilisées étaient comprises entre $0,9 \times 10^{-20}$ et $6,3 \times 10^{-20}$ unités électromagnétiques. Pour avoir une idée de la capacité de l'électromètre, nous

avons cherché la longueur d'onde du même résonateur avec et sans électromètre; on constatait la résonance en observant la réaction sur l'oscillateur. Cette capacité a été trouvée égale à $0,057 \times 10^{-20}$ unités.

La formule de lord Rayleigh relative à l'effet pelliculaire donne la résistance ohmique en haute fréquence du résonateur et la valeur du décrément δ_J qui correspondrait à cette seule résistance.

Le décrément des oscillations libres du résonateur tiré de la courbe de résonance est la somme de deux termes dont l'un, δ_J, correspond à l'effet Joule, et l'autre, δ_H, au rayonnement. Le premier étant calculé à partir de la résistance ohmique, l'autre est obtenu par différence. Le tableau suivant donne les résultats des mesures pour diverses longueurs d'onde λ exprimées en centimètres :

λ.	δ_J.	δ_H.	$\lambda^2\delta_H$.
302,5	0,0017	0,0141	1290
461,8	0,0021	0,0053	1130
555,5	0,0023	0,0035	1070
779,4	0,0028	0,0020	1220

Le produit $\lambda^2\delta_H$ varie peu et ses variations sont de l'ordre des erreurs expérimentales possibles. On peut donc conclure des expériences que

$$\delta_H = 1180\lambda^{-2}$$

est inversement proportionnel au carré de la longueur d'onde.

S. Lagergren ([1]), à la suite de mesures sur des ondes amorties avec des résonateurs du genre de ceux de Hertz et pour des ondes de 8^m à 35^m, avait indiqué la proportionnalité à $\lambda^{-\frac{3}{2}}$. Les mesures plus précises, en ondes entretenues, pour des résonateurs auxquels est applicable la formule de Thomson, nous fournissent une loi de variation toute différente.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence des colloïdes sur la surtension cathodique de l'hydrogène et des métaux.* Note de MM. C. **Marie** et G. **Lejeune**, présentée par M. G. Urbain.

Les expériences antérieures effectuées par l'un ([2]) de nous avaient permis de constater que l'addition d'un colloïde tel que la gélatine ou la gomme avait une influence considérable sur les surtensions de l'hydrogène. Ces mêmes

([1]) S. Lagergren, *Wied. Ann.*, t. 64, 1898, p. 305.

([2]) C. Marie, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1400. Les expériences détaillées ont été données dans le Mémoire suivant : *Influence de certains colloïdes sur la différence de*

expériences avaient montré également qu'un effet analogue pouvait être constaté avec les métaux. Il était intéressant d'étendre ces recherches et de comparer en particulier sur un même métal la surtension cathodique correspondant au dégagement d'hydrogène ou au dépôt du métal lui-même.

Les expériences ont été effectuées suivant la méthode décrite dans le Mémoire cité plus haut, c'est-à-dire en mesurant la force électromotrice de la pile constituée par l'électrode étudiée et l'électrode normale à sulfate mercureux. La gélatine à $\frac{1}{1000}$ a été employée dans la plupart de ces expériences, sauf pour le plomb et l'argent à cause de l'action qu'elle exerce sur les sels de ces métaux. Pour ces métaux également l'acide sulfurique était remplacé par l'acide perchlorique. La densité de courant était de $0^{A},03$ par centimètre carré, l'acidité était normale pour l'étude de la surtension de l'hydrogène et pour l'étude de la surtension du métal, des solutions normales du sulfate et décinormales SO^4H^2 étaient employées. Pour obtenir des résultats aussi constants que possible, les électrodes étaient préparées par électrolyse dans les solutions usuellement employées pour le dépôt des métaux étudiés (pour le zinc en bain d'oxalate, pour le nickel en bain ammoniacal, pour le cuivre en bain de sulfate, pour l'argent en bain de cyanure). Les électrodes de plomb étaient préparées par oxydation et réduction en suivant les précautions indiquées dans le Mémoire cité plus haut. Nous donnons comme exemple des résultats obtenus ceux fournis par le zinc (*e* correspond à la force électromotrice de la pile mesurée).

	vol.	Différence.
$SO^4Zn(N)\,SO^4H^2\left(\frac{N}{10}\right)$	1,40	0,20
» (gélatine 0,1 pour 100).	1,60	
$SO^4H^2(N)$	1,37	0,16
» (gélatine 0,1 pour 100)............	1,53	

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant où les métaux sont rangés dans l'ordre classique de leurs tensions.

	Métaux						
Surtension en présence de gélatine.	Zn.	Ni.	Pb.	(H^2).	Cu.	Hg.	Ag.
Pour le dépôt du métal.........	0,20	0,16	0,17		0,05	0,02	néant
Pour le dégagement d'hydrogène.	0,16	0,04	0,08		0,08	0,04	0,05

potentiel cathodique, paru dans la *Revista del Museo de La Plata*, t. 17, 1910, p. 131. Elles ont été reproduites récemment dans un Mémoire de C. Marie et R. Audubert, *Sur les phénomènes de surtension dans l'électrolyse et les colloïdes* (*Bull. Soc. franç. Électriciens*, 4e série, t. 3, 1923, p. 508).

Ces résultats, par suite de la difficulté des mesures, ne peuvent être considérés comme ayant une valeur réellement quantitative, mais qualitativement ils montrent pour le zinc, le nickel et le plomb, qu'en présence du colloïde, l'énergie nécessaire pour libérer le métal est plus grande que dans les solutions pures.

Pour un métal comme le nickel par exemple, on doit donc constater qu'en présence de colloïdes, la quantité de métal déposé dans un voltamètre doit être plus petite qu'en l'absence de colloïdes. C'est en effet ce que l'expérience vérifie manifestement. Contrairement à ce que l'on aurait pu croire, l'addition du colloïde a donc pour résultat dans ce cas d'augmenter, *en ce qui concerne le métal*, les écarts à la loi de Faraday.

L'addition du colloïde est par contre sans effet sensible dans ces solutions, pour le cuivre, le mercure et l'argent, et si l'on fait abstraction des modifications qui se produisent dans la structure (et la composition) [1] du métal déposé, on constate simplement que l'énergie nécessaire pour sa libération est légèrement augmentée.

Pour ces métaux, étant donné que la surtension de l'hydrogène provoquée par le colloïde est plus grande que celle observée pour le métal, on pourrait croire que l'addition du colloïde à une solution acide du métal augmente la quantité déposée de celui-ci comparée à celle obtenue dans une solution sans colloïde. Ceci est peut-être vrai pour de très faibles concentrations en ions hydrogène, mais l'expérience montre que pour des concentrations élevées il n'en est rien. Dans une solution mixte

$$\left(SO^4Cu\,\frac{N}{10} + SO^4H^2\,N\right)$$

l'addition de 0,1 pour 100 de gélatine diminue de moitié la quantité de cuivre déposé dans cette même solution sans colloïde.

On peut d'ailleurs montrer facilement que les résultats constatés sont fonction du rapport des concentrations du sulfate de cuivre et de l'acide sulfurique. Pour cela il suffit de faire varier ce rapport et de comparer les résultats obtenus avec ou sans colloïde. En prenant pour unité l'augmentation de poids de la cathode dans les solutions non gélatinées, on constate que cette augmentation est plus considérable dans les solutions comprises

---

(1) Nous rappelons à ce propos que Müller (*Z. f. Elektrochemie*, 12, 1906, p. 317) a montré que dans les solutions contenant de la gélatine le cuivre déposé a un aspect tout particulier (il est cassant) et qu'il contient environ 2 pour 100 de matières organiques

entre $SO^4H^2\frac{N}{10}$ et $SO^4H^2 4N$, puis qu'elle est plus faible pour $SO^4H^2 6N$. Entre ces deux dernières concentrations il y a donc une sorte d'inversion du phénomène. On peut donc dire qu'à partir d'un certain rapport entre le sel et l'acide, les constatations faites sur le zinc, le nickel et le plomb peuvent être étendues aux métaux comme le cuivre placé après l'hydrogène dans la série des tensions.

Ces faits expérimentaux présentent un intérêt évident aussi bien au point de vue théorique qu'au point de vue technique; ils méritent à ce double titre une étude systématique que nous poursuivons actuellement (¹).

RADIOCHIMIE. — *Sur les phénomènes photovoltaïques.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans deux Notes antérieures (²), j'ai étudié l'action de la lumière visible sur les électrodes de métaux purs et montré que la polarisation de la lame exerçait une influence considérable sur l'intensité et le sens de l'effet : une polarisation de signe inverse à celui que prend l'électrode sous l'action de la lumière accroît l'effet photovoltaïque, tandis qu'une polarisation de même signe le diminue. Mais, dans tous les cas, l'effet augmente avec la polarisation et *pour une intensité suffisante, l'inversion de celle-ci change le sens de la f. é. m. créé par la lumière.*

Je me suis proposé d'étudier l'effet de la polarisation sur des électrodes de métaux altérés : oxyde de cuivre, bromure de cuivre, chlorure d'argent, sulfure d'argent. Le montage était le même que celui employé pour les électrodes de métaux purs. Les lames étaient portées à des potentiels de sens et d'intensité variables au moyen de deux potentiomètres et d'électrodes auxiliaires, dispositif permettant de maintenir symétriques les deux pôles de la cellule.

L'effet photovoltaïque était mesuré au moyen d'un galvanomètre par le courant correspondant créé par la lumière. Il était possible d'étudier systématiquement de cette manière l'influence de la polarisation.

Sous l'action du rayonnement l'oxyde de cuivre est électropositif et le bromure électronégatif. Le chlorure et le sulfure d'argent possèdent une photovoltaïcité liée au mode de formation et à l'épaisseur de la pellicule sen-

(¹) Le détail des expériences sera donné dans un autre Recueil.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 818 et 1110.

sible (¹). En outre, pour des couches très minces de ces derniers sels les radiations rouges et les radiations bleues exercent des actions antagonistes qui seront étudiées ultérieurement; mais, pour des épaisseurs notables, l'argent chloruré (par électrolyse) est électropositif et l'argent sulfuré électronégatif.

Pour tous ces éléments et dans tous les cas une polarisation de signe inverse à celui de la lame accroît légèrement l'effet, tandis qu'une polarisation de même signe le diminue jusqu'à l'annuler, *mais sans jamais l'inverser*. Les caractéristiques ont une allure très voisine de celle d'une lampe à trois électrodes.

Enfin, toutes choses égales, les radiations bleues sont beaucoup plus actives que les radiations rouges.

L'influence de la polarisation fait penser à un mécanisme photo-électrique, mais cette interprétation paraît moins évidente que dans le cas des électrodes non altérées.

Ces expériences ont aussi un autre intérêt; elles apportent une contribution nouvelle à l'explication proposée pour les métaux purs. On a prétendu (²), en effet, que les phénomènes photovoltaïques, dans ce dernier cas, devaient être attribués soit à une altération chimique de la lame, soit à un effet thermique. L'existence d'un point d'inversion, alors que les lames altérées n'en présentent pas, élimine la première hypothèse. Du reste, contrairement à ce qui a été indiqué pour la lumière ultraviolette par M. Athanasiu, je n'ai observé, pour la lumière visible, ni accroissement de la sensibilité d'une cellule Cu | SO^4Cu | Cu avec la durée d'exposition, ni altération de la lame; à condition d'être totalement immergée dans l'électrolyte celle-ci peut rester intacte pendant plus de vingt jours (³). En outre, les f. e. m. mesurées (plus petites que le microvolt) se montrent comme très inférieures à celles indiquées dans ces travaux (4 à 177.10^{-5} volt); surtout si l'on songe que mes expériences étaient effectuées avec le rayonnement d'un arc de 30 ampères condensé sur la totalité de l'électrode. L'instantanéité de l'effet obtenu, l'instantanéité de l'inversion et l'indépendance du temps d'exposition s'ajoutent enfin aux arguments précédents.

M. Athanasiu, de ses expériences, a conclu que l'effet thermo-électrique

---

(¹) Ces résultats confirment ceux de Becquerel, Rigollot, Wildermann, etc.

(²) M. Athanasiu, *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 386; et 561.

(³) Résultat en accord avec les expériences de M. Pionchon et de M^lle^ Demora (*Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 1885).

suffisait pour expliquer ces phénomènes lorsqu'on ne pouvait faire intervenir d'action chimique, en particulier pour Hg, Pb, Pt, Ag. Son mode de raisonnement ne peut convenir à mes résultats. Il a en effet déterminé le pouvoir thermo-électrique de l'électrode et a mesuré, après dix minutes d'exposition, l'effet thermique en remplaçant celle-ci par un thermomètre. En rapportant l'élévation de température à une minute d'éclairement et en comparant aux nombres expérimentaux il a conclu à une concordance.

En fait, il est arbitraire de rapporter les mesures à une minute, du moins pour mes expériences; j'ai, en effet, observé que des éclairements très courts (plus petits que $\frac{1}{10}$ de seconde) suffisent pour déclancher le phénomène; si l'on adopte une durée d'exposition d'une seconde par exemple on trouve, même dans ce cas, un désaccord profond entre l'expérience et l'interprétation thermique. Du reste, pour bien des cellules, on peut vérifier directement que l'effet photovoltaïque est en sens inverse de l'effet thermo-électrique [1]. Au surplus, la sensibilité particulière des métaux à l'égard des radiations de courte longueur d'onde montre bien que le rôle de la température doit être pour le moins secondaire.

En définitive, les expériences effectuées avec les électrodes altérées confirment l'interprétation relative aux métaux purs donnée antérieurement; il reste bien entendu, cependant, que des effets thermiques et photochimiques peuvent se superposer au phénomène photo-électrique et même le masquer, mais en prenant des précautions pour éviter les premiers et en employant des électrodes soigneusement nettoyées (polissage, lavage, dégraissage. décapages) on peut, sous l'action de la lumière visible, obtenir des effets imputables à un mécanisme photo-électrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les températures correspondantes des corps solides.* Note de M. **Henri Lafuma**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Communication récente [2], M. A. Brodsky a montré que l'on peut déduire de la théorie moderne des chaleurs spécifiques un résultat empirique de M. Michaud. J'ai fait cette démonstration dans le numéro de mai 1923 du *Bulletin scientifique des Étudiants de Paris*, mais cette publication

---

(1) Pour tous les éléments, en raison de la polarisation, il existe toujours une valeur de cette dernière pour laquelle l'effet est en sens contraire de la f. e. m. thermo-électrique.

(2) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 498.

est trop peu répandue pour que M. Brodsky en ait eu connaissance; je crois devoir signaler plusieurs points sur lesquels je suis en désaccord avec lui.

M. Michaud ([1]) a montré que le quotient $\frac{C}{T}$ de la chaleur spécifique atomique d'un corps (à la température T), par la température, est maximum pour une certaine température T_m différente pour les différents corps solides. Il a montré de plus qu'aux températures T_m ou proportionnelles à T_m les différents corps ont même chaleur spécifique atomique. Les températures T_m sont donc des températures correspondantes.

De la formule d'Einstein

(1) $$C_v = 3R \frac{e^{\frac{\beta\nu}{T}}\left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2}{\left(e^{\frac{\beta\nu}{T}} - 1\right)^2} = f\left(\frac{\nu}{T}\right),$$

où ν est caractéristique de chaque corps, on déduit immédiatement qu'à des températures proportionnelles à ν les différents corps ont même chaleur spécifique atomique. On obtiendra donc le résultat de M. Michaud en démontrant que T_m est proportionnel à ν. On le démontre facilement en écrivant que, pour $T = T_m$, $\frac{C_v}{T}$ est maximum, c'est-à-dire que

$$\frac{d}{dT}\frac{C_v}{T} = 0.$$

M. Brodsky obtient en faisant ce calcul

$$\frac{\beta\nu}{T_m}\frac{e^{\frac{\beta\nu}{T_m}}+1}{e^{\frac{\beta\nu}{T_m}}-1} - 3 = 0,$$

avec les racines

$$T_1 = +\infty, \qquad T_2 = 0, \qquad T_3 = 0,401\,\beta\nu.$$

J'ai obtenu, en faisant le même calcul,

$$e^{\frac{\beta\nu}{T_m}} = \frac{3 + \frac{\beta\nu}{T_m}}{3 - \frac{\beta\nu}{T_m}},$$

avec la seule racine réelle et positive

(2) $$T_m = 0,391\,\beta\nu,$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 241.

car on suppose $\frac{\beta\nu}{T_m} \neq 0$ pour faire le calcul. Cette solution numérique diffère peu de celle de M. Brodsky.

La courbe des chaleurs spécifiques en fonction de la température étant déterminée, la formule (2) permet de calculer la fréquence ν qu'il faut introduire dans la formule d'Einstein pour représenter les résultats expérimentaux. Inversement elle permet de calculer T_m si l'on se donne ν. C'est ce qu'a fait M. Brodsky : il a calculé T_m en fonction de ν, ν étant lui-même calculé en fonction de la température de fusion et des masse et volume atomiques du corps d'après la formule de Lindemann; on sait que le coefficient numérique de cette formule est choisi arbitrairement pour que la valeur de ν portée dans la formule (1) d'Einstein donne des résultats en accord satisfaisant avec l'expérience. Dans ces conditions les conséquences mathématiques déduites de la formule d'Einstein sont nécessairement en accord avec l'expérience.

Il n'en est plus de même si l'on veut assimiler les fréquences ν aux rayons restants. Les fréquences de rayons restants des chlorures de potassium et de sodium ont été mesurées expérimentalement par Rubens et Hollnagel; on peut, dans le cas de la formule d'Einstein, calculer T_m en fonction des fréquences des rayons restants, en tenant compte de ce que le métal et l'halogène ont des fréquences différentes. On calcule alors que, pour KCl, $T_m = 85°$, alors que la valeur expérimentale est de l'ordre de 50°, et que, pour NaCl, $T_m = 110°$, alors que la valeur expérimentale est de l'ordre de 80°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un procédé de récurrence pour la préparation des carbures acétyléniques vrais.* Note de M. **M. Bourguel**, présentée par M. Haller.

Les matériaux propres à la préparation des carbures acétyléniques vrais paraissent, à première vue, suffisamment nombreux pour répondre à tous les cas. Ce furent d'abord à peu près uniquement les aldéhydes et les cétones, puis à partir des iodures RI, MM. Lebeau et Picon obtinrent les carbures $R-C\equiv CH$; enfin, des bromures RBr, M. Lespieau tira les carbures $R-CH^2-C\equiv CH$. L'emploi de l'amidure de sodium permit ensuite d'élargir le champ des matières premières grâce à son pouvoir d'isomérisation. Malgré tout, il arrive que ces méthodes soient inapplicables. En chimie cyclique, le cas est fréquent où aldéhydes, cétones, bro-

mures, iodures font vite défaut, et cela explique que, jusqu'ici, quelques premiers termes de série aient pu, seuls, être préparés.

La méthode que je vais proposer remédiera en partie à cet état de chose. Elle permet, à partir d'un carbure vrai en C^n, d'obtenir de proche en proche ses homologues supérieurs en C^{n+1}, C^{n+2}, C^{n+3}, etc.

Le passage se fait aisément de la façon suivante : le carbure acétylénique vrai est sodé au moyen de l'amidure de sodium, puis méthylé par l'action du sulfate diméthylique sur ce dérivé sodé

$$R-C\equiv CNa + SO^4(CH^3)^2 = R-C\equiv C-CH^3 + SO^4CH^3Na.$$

On obtient ainsi un carbure bisubstitué en C^{n+1}, que l'on isomérise par l'amidure de sodium

$$R-C\equiv C-CH^3 + NH^2Na = R-CH^2-C\equiv CNa + NH^3.$$

On a ainsi le carbure vrai en C^{n+1}.

Une deuxième opération identique donne le carbure en C^{n+2}.

On ne peut évidemment pas continuer de la sorte indéfiniment, les quantités de carbure décroissent en progression géométrique. J'ai pu, toutefois, obtenir des rendements tels que l'on peut pratiquement aller assez loin. Je donnerai tout à l'heure un exemple où, après avoir gravi trois échelons, j'avais encore largement de quoi continuer cette marche ascendante.

La sodation se fait à froid dans l'éther anhydre par l'amidure de sodium, le sulfate diméthylique réagit avec énergie sur le dérivé sodé à froid lui aussi. Ces deux temps de la première opération sont rapides et le rendement n'a jamais, jusqu'ici, été inférieur à 80 pour 100 du carbure initial mis en œuvre.

La deuxième opération : l'isomérisation, se produit aux environs de 160°, sa vitesse est assez variable. Elle a été, en général, opérée avec de l'amidure de sodium pulvérisé, dans un solvant à point d'ébullition plus élevé que le carbure traité ([1]); cela permet de séparer les deux isomères : le substitué en excès est d'abord distillé, la destruction du dérivé sodé fournit ensuite le carbure vrai pur.

Au total cette deuxième opération m'a donné, elle aussi, des rendements atteignant 80 pour 100. Des détails seront donnés sur ces manipulations dans un Mémoire ultérieur

---

([1]) En fractionnant soigneusement un pétrole commercial on se procure toute une gamme de solvants d'emploi très commode.

Pour montrer que la méthode peut être féconde, je vais indiquer quelques corps obtenus dans la série du cyclohexylacétylène. De cette série on ne connaissait d'abord que ce dernier composé préparé par M. Darzens. M. Lespieau eut ensuite le cyclohexylpropine, mais on ne put aller plus loin faute de cétones ou de bromures.

A partir du cyclohexylpropine vrai, $C^6H^{11} - CH^2 - C \equiv CH$, carbure que l'amidure nous permet maintenant d'avoir facilement et largement [1], j'ai obtenu :

Le β-cyclohexylbutine : $C^6H^{11} - CH^2 - C \equiv C - CH^3$ (Eb. 79° sous 17^{mm}) avec un rendement de 83 pour 100.

Le cyclohexylbutine vrai : $C^6H^{11} - (CH^2)^2 - C \equiv CH$ (Eb. 70° sous 17^{mm}) avec un rendement de 80 pour 100.

Le β-cyclohexylpentine : $C^6H^{11} - (CH^2)^2 - C \equiv C - CH^3$ (Eb. 93° sous 17^{mm}) avec un rendement de 85 pour 100.

Le cyclohexylpentine vrai : $C^6H^{11} - (CH^2)^3 - C \equiv CH$ (Eb. 84° sous 16^{mm}) avec un rendement de 90 pour 100.

Le β-cyclohexylhéxine : $C^6H^{11} - (CH^2)^3 - C \equiv C - CH^3$ (Eb. 109-110° sous 17^{mm}) avec un rendement de 80 pour 100.

Le cyclohexylhexine vrai : $C^6H^{11} - (CH^2)^4 - C \equiv CH$ (Eb. 101° sous 16^{mm} avec un rendement de 80 pour 100.

Il eût été possible de continuer. En effet, si l'on met en œuvre 500^g de cyclohexylpropine (c'est à peu près la quantité employée) il peut rester encore 200^g de cyclohexylhexine au bout de ces six opérations.

Tous ces carbures sont des liquides incolores, d'odeur non acétylénique, celle des pentines rappelle l'anis. Les carbures substitués sont tous plus denses et plus réfringents que les carbures vrais. Ces derniers précipitent en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal, donnent avec le nitrate d'argent alcoolique des précipités blancs cristallisés. Leurs dérivés sodés fixent aisément le gaz carbonique pour donner les trois acides correspondants :

$C^6H^{11} - (CH^2)^2 - C \equiv C - CO^2H$ (F = 57,5-99°).
$C^6H^{11} - (CH^2)^3 - C \equiv C - CO^2H$ (non crist.).
$C^6H^{11} - (CH^2)^4 - C \equiv C - CO^2H$ (F = 40-41°).

Je compte poursuivre de la même façon l'étude des corps correspondants dans les séries du benzène, du toluène, de la napthaline.

---

(1) Bourguel, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 688. Depuis la publication de cette Note j'ai constaté que l'amidure donne dans ce cas un rendement de plus de 85 pour 100 à partir du bromure : $C^6H^{11} - CH^2 - CBr = CH^2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation des iodostibinates de bases organiques azotées en iodomercurates cristallisés.* Note de MM. E. **Caille** et E. **Viel**, présentée par M. Desgrez.

Dans une Communication antérieure [1], nous avons fait connaître un mode de préparation d'iodostibinates d'amines et d'alcaloïdes, ainsi qu'un certain nombre de leurs propriétés. En poursuivant l'étude de ces composés, nous avons pu obtenir leur transformation en iodomercurates. C'est la technique de cette réaction qui fait l'objet de la présente Note.

La transformation des iodostibinates cristallisés en iodomercurates également cristallisés a été effectuée en faisant bouillir une solution chlorhydrique d'iodostibinate avec du mercure métallique. Dans cette réaction, il se forme un abondant précipité noir constitué par de l'iodure mercureux et de l'antimoine. La liqueur mère, séparée par filtration, laisse déposer, par refroidissement lent, de beaux cristaux jaune citron d'iodomercurate.

Cette transformation a été mise en évidence tout d'abord avec l'iodostibinate de pyridine, composé rouge vif dont l'iodomercurate est jaune citron :

45^g d'iodostibinate de pyridine cristallisé sont dissous dans 350^{cm^3} d'acide chlorhydrique au demi. Cette dissolution est additionnée de mercure en excès (160^g), puis soumise à l'ébullition pendant une heure. Après filtration du précipité noir formé, il se dépose, par refroidissement de la liqueur, de belles aiguilles jaune citron, qu'on sèche à l'air sur papier filtre pendant une semaine. On les place ensuite pendant autant de temps sous une cloche contenant de la potasse en morceaux, pour les débarrasser des dernières traces d'acide chlorhydrique qu'elles peuvent encore retenir.

Rendement : 10^g d'iodomercurate de pyridine, de composition $HgI^4|(PyH)^2$, soit 45 pour 100 du rendement théorique calculé au moyen de l'équation suivante :

$$2[Sb^{I^3}_{(SbI^4)^3}|(PyH)^3] + 21\,Hg = 3[HgI^4|(PyH)^2] + 9\,Hg^2I^2 + 4\,Sb^2.$$

Cette forte diminution du rendement paraît explicable par la décomposition d'une partie de l'iodomercurate qui a pris naissance, en présence d'un excès de mercure métallique. Nous avons, en effet, observé qu'une solution chlorydrique d'iodomercurate de pyridine, par ébullition avec du mercure, laisse déposer un précipité d'iodure mercureux, tandis que la liqueur mère

(1) Caille et Viel, *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1156.

refroidie donne, par concentration, des cristaux d'iodhydrate de pyridine conformément à l'équation

$$[HgI^4|(PyH)^2] + Hg \rightarrow Hg^2I^2 + 2(PyHI).$$

Or, ces mêmes cristaux d'iodhydrate de pyridine peuvent être isolés par concentration de la liqueur mère provenant de la transformation de l'iodostibinate de pyridine en iodomercurate. De sorte que l'ensemble des deux équations ci-dessus nous paraît représenter le mécanisme de la transformation étudiée.

La technique qui précède, appliquée aux iodostibinates d'aniline, de quinoléine, de pipérazine, de théobromine et de nicotine, nous a donné, dans tous les cas, les iodomercurates correspondants, sous forme de cristaux jaune citron souvent très gros.

Dans nos expériences, après une heure d'ébullition, les rendements furent les suivants :

20g	d'iodostibinate	d'aniline	ont donné	4g,5	d'iodomercurate
10	»	de quinoléine	»	2	»
20	»	de pipérazine	»	5	»
22	»	de théobromine	»	5	»
5	»	de nicotine	»	1,2	»

Les iodomercurates de quelques-unes des bases précédentes ont été préparés cristallisés par François et Blanc (1), en faisant agir directement le réactif de Meyer sur une solution chlorhydrique du chlorhydrate de la base; ces iodomercurates présentent la même composition que les composés correspondants obtenus par notre procédé.

Les résultats précédents nous paraissent avoir un caractère général; nos expériences conduisent à un procédé nouveau de préparation d'iodomercurates applicable à un grand nombre de bases organiques azotées, procédé consistant à faire bouillir une solution chlorhydrique d'un iodostibinate avec du mercure métallique. Dans cette transformation de complexes, le mercure déplace l'antimoine.

---

(1) François et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1208 et 1304.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le dosage de l'oxyde de carbone dans les gaz industriels.* Note (¹) de M. DE LA CONDAMINE, présentée par M. Charpy.

Dans des Notes récentes (²) M. Damiens a proposé de doser l'oxyde de carbone en l'absorbant par le sulfate cuivreux en solution sulfurique.

Ayant étudié antérieurement l'absorption de l'oxyde de carbone par le chlorure cuivreux en solution ammonicale ou chlorhydrique, il m'a paru intéressant de comparer ces trois réactifs au point de vue de l'exactitude du résultat obtenu et de la rapidité de l'absorption.

En ce qui concerne le chlorure cuivreux on sait depuis longtemps que l'oxyde de carbone donne avec le chlorure cuivreux un composé dissociable; si donc on fait agir le réactif sur un mélange d'oxyde de carbone et d'azote, après que l'équilibre sera établi, le mélange gazeux contiendra encore y pour 100 d'oxyde de carbone et la concentration de ce gaz dans le réactif sera de x pour 100.

J'ai déterminé la valeur de y en fonction de x pour les réactifs suivants :

Solution ammoniacale.		Solution chlorhydrique.	
H^2O	750^g	H^2O	400^g
AzH^4Cl	150^g	Cu^2Cl^2	40^g
Cu^2Cl^2	100^g	HCl concentré	200^{cm^3}
AzH^3	250^{cm^3}		

Densité de la solution ammoniacale : 0,9

Deux solutions de chlorure cuivreux ammoniacal avaient été préparées, la première en partant du chlorure tout à fait blanc, la seconde avec un chlorure légèrement coloré en vert (produit commercial courant).

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau de la page 692.

L'examen de ce tableau montre que :

1° En ce qui concerne la solution ammoniale, on voit que le chlorure cuivreux blanc est beaucoup plus avantageux que le chlorure teinté en vert. En fait, ce sel, tel qu'on le trouve dans le commerce, est rarement tout à fait blanc de sorte que, en pratique, l'emploi de ce réactif donnera des résultats très variables.

2° La solution chlorhydrique est la plus avantageuse surtout pour analyser les gaz contenant une forte proportion d'oxyde de carbone.

3° Pour doser l'oxyde de carbone avec précision il sera nécessaire, ou

(¹) Séance du 6 octobre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 849 et 2178.

bien de renouveler le réactif un certain nombre de fois, ou bien d'employer un volume de réactif assez grand pour que la concentration de l'oxyde de carbone dans le gaz résiduaire soit négligeable.

	Chlorure cuivreux ammoniacal.				Chlorure chlorhydrique.	
	Sel blanc		Sel verdâtre		Sel verdâtre	
x.	y.	$\frac{y}{x}$.	y.	$\frac{y}{x}$.	y.	$\frac{y}{x}$.
25..........	0,70	0,028	1,45	0,058	0,95	0,038
50..........	1,40	0,028	2,85	0,057	1,70	0,034
75..........	2,20	0,029	4,30	0,057	2,40	0,032
100..........	2,90	0,029	5,70	0,057	3,00	0,030
125..........	3,90	0,031	7,10	0,056	3,55	0,028
150..........	5,15	0,034	8,25	0,055	4,05	0,027
175..........	6,55	0,037	9,30	0,053	4,55	0,026
200..........	»	»	10,15	0,051	5,00	0,025
250..........	»	»	»	»	5,85	0,023
300..........	»	»	»	»	6,65	0,022

Si par exemple on opère sur 100^{cm^3} de gaz contenant 30 pour 100 d'oxyde de carbone et si le volume du réactif est de 150^{cm^3}, le résidu gazeux contiendra encore environ 1 pour 100 d'oxyde de carbone.

Un second contact avec 150^{cm^3} de réactif neuf assurera une absorption pratiquement complète de l'oxyde de carbone.

Si l'on veut faire le dosage en une seule fois il sera nécessaire d'employer près de 2^l de réactif neuf pour 100^{cm^3} de gaz à analyser.

Si au contraire on veut utiliser le réactif de M. Damiens l'absorption de l'oxyde de carbone est complète avec de très faibles volumes de solution; la solution de 5 d'oxyde cuivreux dans 100 d'acide sulfurique à 66 absorbe plus de 8 fois son volume d'oxyde de carbone sans qu'il y ait tension de dissociation mesurable.

L'oxyde cuivreux étant en suspension dans l'acide sulfurique, ce réactif est employé avec avantage dans un appareil Orsat à barbotage tel que l'appareil que j'ai réalisé.

Au point de vue de la rapidité de l'absorption de l'oxyde de carbone par le réactif, le sulfate cuivreux agit plus lentement que le chlorure. Avec le chlorure, l'équilibre est atteint après 4 ou 5 passages dans le réactif même quand le gaz contient une forte proportion d'oxyde de carbone. Avec le sulfate cuivreux, 20 contacts ou barbotages sont nécessaires.

En résumé il paraît que l'emploi du sulfate cuivreux offre des avantages pratiques sérieux sur l'emploi du chlorure.

MINÉRALOGIE. — *La dumontite, nouveau minéral radioactif.* Note de M. **Alfred Schoep.**

Ce minéral se trouve dans des poches de la torbernite compacte de Chinkolobwe, au Congo belge. Ses cristaux enchevêtrés remplissent ces cavités, à l'exclusion de tout autre minéral. On les obtient donc aisément à l'état pur. Ils sont d'un jaune un peu plus foncé que le jaune de la dewindtite; les grands cristaux sont jaune d'ocre. La couleur de leur-poudre se rapproche le plus du jaune O 8 *ia* de la gamme d'Ostwald. La forme des cristaux est celle de prismes allongés suivant l'axe *c*; les plus grands ont 2^{mm} de longueur sur $0^{mm},15$ de largeur; ils sont aplatis suivant l'axe *a*; les petits sont terminés par {001}, {010}, {010}; les grands sont plus riches en formes et striés suivant l'allongement; on y observe des prismes verticaux; ils sont généralement terminés par la pinacoïde {001} et le prisme {013} avec ou sans le prisme {011}; ce dernier forme souvent à lui seul la terminaison des prismes verticaux.

J'ai pu mesurer au microscope :

$$(001):(011) = 53°,$$
$$(001):(013) = 23°30'.$$

Le rapport paramétrique partiel $c : b$ a donc une valeur voisine de 1,327.

Les cristaux sont translucides, d'un beau jaune et assez fortement pléochroïques : jaune foncé suivant Y (direction de l'allongement); jaune plus pâle suivant X.

Les extinctions sont droites. Ces cristaux sont biaxes; l'angle des axes optiques est grand.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à l'allongement. Ils sont optiquement positifs. Je n'ai pu déterminer leurs indices de réfraction qui sont très élevés et supérieurs à 1,78; j'ai fait de nombreuses mesures de la biréfringence. J'ai trouvé : $(\beta - \alpha) = 0,010$. Les réactions chimiques sont les mêmes que pour la dewindtite et la parsonsite. L'analyse quantitative des cristaux purs donne :

H^2O	5,78
P^2O^5	8,65
UO^3	56,49
PbO	27,19
TeO^3	1,01
Total	99,12

Déduction faite des impuretés, on trouve pour les constituants principaux les chiffres suivants rapportés à 100 :

		Nombres moléculaires.
H^2O	5,88	0,326
P^2O^5	8,71	0,061
UO^3	57,57	0,201
PbO	27,71	0,124

ce qui conduit à la formule

$$2PbO.3UO^3.P^2O^5.5H^2O.$$

Les teneurs théoriques correspondantes sont :

H^2O : 5,8; P^2O^5 : 9,2; UO^3 : 55,4; PbO : 28,9.

La courbe de déshydratation se déduit des résultats ci-dessous :

Températures.	Durée de chauffe.	Pertes pour 100.	Pertes totalisées.	Observations.
50°	2h	0		Le minéral reprend son poids après 24 heures sur $CaCl^2$.
100	»	3,37		
110	»	0		
200-250°	1.30m	1,92	5,29	
300	1.30	0,40	5,69	
400	1.30	0		Le minéral est devenu orangé.
500	1	0		
600	1	0,58	6,27	
900	1	0,24	6,51	Agglutination des grains de la poudre.

Au delà de 900°, le poids ne change plus. Au-dessus de 500°, le minéral ne perd plus d'eau, mais de l'oxygène.

Ce minéral diffère de la parsonsite par toutes ses propriétés, en dehors d'une certaine analogie chimique. Il se rapproche beaucoup de la dewindtite et lui ressemble à première vue. Il en diffère néanmoins par la forme

de ses cristaux, par sa biréfringence et par ses indices de réfraction. Chimiquement il accuse une teneur en eau inférieure à celle de la dewindtite; ce dernier minéral, non séché à 100°, donne 7,98 pour 100 d'eau; il contient un peu moins d'acide phosphorique et un peu plus de plomb que la dewindtite.

Ce minéral est nouveau. Je propose de lui donner le nom de dumontite en l'honneur du géologue belge André Dumont.

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelle étude sur la variation diurne de la direction du vent à Strasbourg.* Note (¹) de MM. **G. Rempp** et **J. Lacoste**.

L'un de nous a montré (²) que, conformément à la théorie du fœhn de R. Wenger, *le pouvoir directeur* de la vallée du Rhin subissait un affaiblissement au moment du maximum du gradient thermique vertical. Cet affaiblissement se traduit par une perte de fréquence des vents qui descendent la vallée au bénéfice, à la fois, de ceux qui la remontent et des vents transversaux. Ce phénomène est accentué en été.

On peut calculer les « résultantes horaires » en considérant comme grandeurs scalaires de vecteurs les écarts des fréquences de chaque vent à leur moyenne diurne. L'augmentation des fréquences des vents transversaux au début de l'après-midi influe peu sur la direction de ces « résultantes horaires », car elle se fait dans deux directions opposées, elle influe principalement sur les grandeurs scalaires des résultantes, qu'elle diminue. Ces résultantes restent donc à peu près dirigées suivant la vallée : de minuit à midi dans le sens de la descente, de midi à minuit dans le sens inverse; elles présentent un maximum au milieu de chacune de ces deux époques. Les heures où le courant résultant s'inverse sont sensiblement indépendantes de la saison. Enfin, en été, un phénomène parasite dû à la configuration du terrain à l'ouest de Strasbourg semble se superposer au phénomène général.

Il nous a paru intéressant d'étudier comment se modifie le phénomène général par temps clair (grande amplitude de la variation thermique et prédominance des vents de N et E) et par temps couvert (faible variation diurne de la température et prédominance des vents de S et W).

Nous avons donc groupé, d'une part les 193 jours clairs (nébulosité moyenne < 2), d'autre part les 227 jours couverts (nébulosité moyenne > 8) qui se sont trouvés parmi les mois de mai à septembre (inclus) des années 1914, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923 et mai-juillet 1924.

Jours couverts. — Nous retrouvons pendant ces jours, ainsi qu'il résulte

(¹) Séance du 22 septembre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 221.

immédiatement de l'examen des roses horaires, le phénomène général. Il est vrai que la diminution du nombre des vents de SSW dans la journée se fait surtout au profit des vents de WSW et W, ce qui pourrait *a priori* s'expliquer par l'entraînement des vents inférieurs dans la direction des courants supérieurs (conséquence de la théorie Espy-Köppen) (1) et cet entraînement entre certainement en ligne de compte. Mais si les vents d'E sont presque inexistants la nuit, il en apparaît un certain nombre au cours de la journée, et l'on remarque en outre, quoique peu prononcé, le maximum de fréquence habituel des vents remontant la vallée. Pour ces deux catégories de vents on ne peut invoquer l'entraînement par les courants supérieurs, il faut donc bien admettre le rôle de la diminution du *pouvoir directeur*, rôle qui doit s'exercer aussi sur les vents d'W. Si, en effet, on représente graphiquement les composantes NNE, ESE et WNW qui servent au calcul des résultantes horaires, on s'aperçoit qu'elles augmentent sensiblement dans la même proportion, par rapport à leur valeur moyenne, au début de l'après-midi.

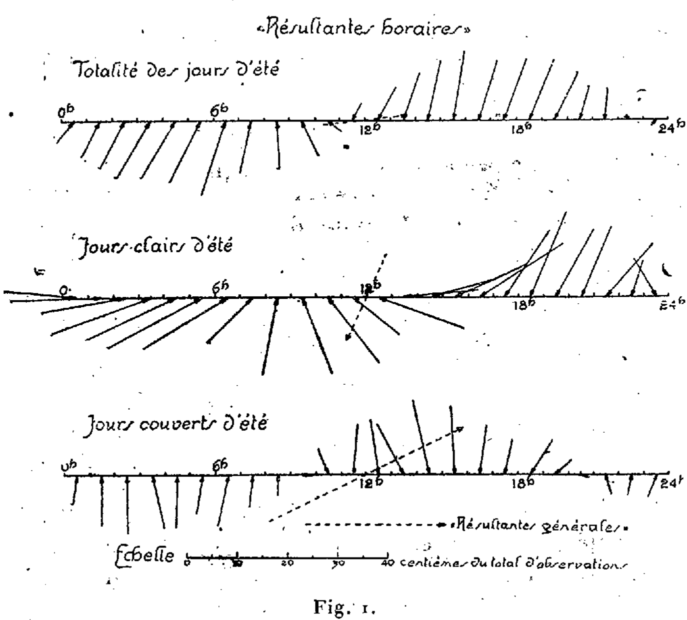


Fig. 1.

Si nous retranchons géométriquement les résultantes horaires pour la totalité des jours de celles des jours couverts (*fig.* 1 et 2), les différences,

(1) Voir, par exemple, C.-E. Brazier, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 730.

relativement petites, montrent que ce qui change, par temps couvert, est moins la façon dont varient les fréquences des différents vents au cours de la journée, que l'amplitude de ces variations, amplitude diminuée.

Jours clairs. — Si l'on calcule les résultantes horaires pour les jours clairs, les résultats sont tout différents (*fig.* 1). Cela tient à ce que (*fig.* 2) le phénomène parasite, déjà reconnu pour l'ensemble des jours d'été,

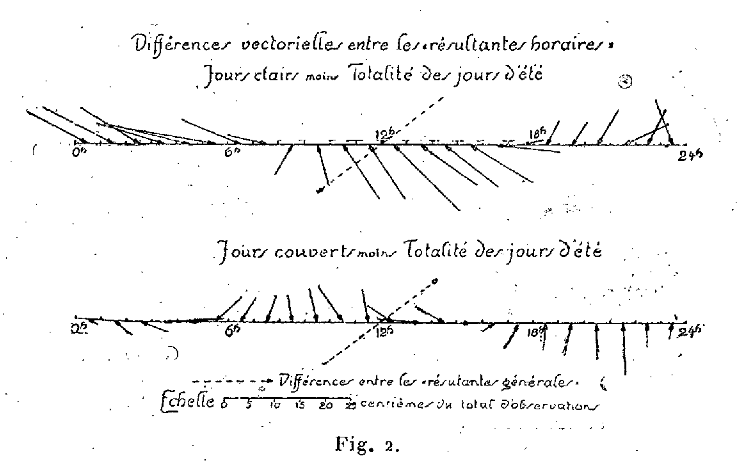


Fig. 2.

prend, dans ces circonstances, une ampleur toute particulière : il consiste, comme on l'a déjà dit, en une brise de montagne descendant les collines à l'WNW de Strasbourg de minuit jusqu'à 8^h ; celle-ci est remplacée ensuite, jusqu'au soir, par une brise contraire (¹). Dans la variation diurne de la composants WNW, le phénomène général (augmentation des vents transversaux après midi) ne se manifeste que par un faible maximum secondaire.

En résumé, on peut distinguer trois phénomènes :

D'une façon générale, un maximum de fréquence des vents transversaux dans les premières heures de l'après-midi (c'est-à-dire à l'heure où le gra-

(¹) Dans la Note antérieure, il a déjà été indiqué que ces brises sont favorisées par la configuration même du terrain à l'WNW de Strasbourg, qui s'abaisse par pente douce des Vosges jusqu'aux faubourgs de la ville. On sait, en outre, qu'à partir de la latitude de Strasbourg les Vosges ne constituent plus, à l'Ouest, la barrière que forme encore la Forêt Noire à l'Est (dissymétrie fortement marquée aussi par les cartes pluviométriques). Les Vosges du Nord ne forment plus que le rebord du Plateau Lorrain, et l'air qui se refroidit, par nuits claires, sur ce plateau, peut descendre dans la vallée du Rhin; ce fait expliquerait, entre autres, les minima très bas de la Station de Zinswiller située à l'issue de la vallée de la Zintzel.

dient vertical de température est le plus fort dans les premières couches de l'atmosphère); ensuite, après un temps variable, un maximum de fréquence pour les vents remontant la vallée, au moment où le gradient devient maximum dans des couches un peu plus élevées. Enfin, dans le cas où la variation diurne thermique (jours clairs) est particulièrement grande, brise de montagne venant de WNW, à laquelle succède une brise de vallée en sens contraire. Les heures d'inversion sont les heures ordinaires des inversions de ces brises.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le noyau de la cellule mère du sac embryonnaire chez le* Fritillaria imperialis *observé pendant son évolution prosynaptique.* Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. M. Molliard.

Depuis le moment où le noyau de la cellule mère du sac embryonnaire peut être distingué des noyaux voisins du parenchyme nucellaire, jusqu'au moment où commence la période synaptique classique, on peut observer une série de phénomènes qui ne semblent pas avoir jusqu'ici retenu l'attention. C'est à cette période de l'évolution que j'appliquerai désormais le nom de *prosynapsis*.

Le *Fritillaria imperialis*, dont le prosynapsis est relativement de longue durée, permet une étude précise qui fera l'objet de la présente Note.

Cette période montre un accroissement considérable du noyau accompagné de transformations remarquables du réseau nucléaire et du nucléole.

Premier stade. — Le noyau est occupé entièrement par un réseau épais, à mailles assez larges, ponctuées aux angles de gros granules dont la masse est formée de nucléoline enveloppée d'une couche de chromatine réticulaire. Ces ponctuations chromatiques ont des contours irréguliers.

Le nucléole (il peut y en avoir parfois deux ou trois) est subcentral et contient quelques grandes vacuoles.

Deuxième stade. — Le noyau subit un accroissement rapide. Les trabécules deviennent de plus en plus épais; ils semblent prendre une constitution intime fibrogranuleuse. Les mailles suivent la croissance du noyau dont elles continuent à occuper la cavité tout entière. Les ponctuations qu'elles supportent prennent une taille plus considérable,

Le nucléole présente en général une grande vacuole centrale. Il se trouve ainsi formé d'une écorce plus ou moins épaisse de chromatine nucléolaire revêtue extérieurement d'une légère enveloppe de réticuline et tapissée d'une pellicule de même nature intérieurement. L'écorce chromatique contient des vacuoles de petite taille en nombre variable. La substance que renferment la grande vacuole centrale et les petites vacuoles corticales est achromatique vis-à-vis de la safranine et de l'hématoxyline au fer.

Troisième stade. — La période de croissance rapide s'achève. A ce moment des rapprochements ont lieu d'anastomose à anastomose, puis des fusions se produisent, constituant des plages fibro-granuleuses. L'ensemble du système réticulaire prend l'aspect d'un grumeau percé d'ouvertures de tailles diverses réparties sans ordre. Les ponctuations chromatiques se trouvent noyées dans la masse. Par suite de rapprochements fortuits, les fusions se produisent entre quelques-unes de ces ponctuations donnant çà et là des agglomérations plus importantes.

Ces faits montrent que, si les ponctuations chromatiques sont nées du réseau, elles ne sont pas un simple nœud formé par l'addition de trabécules à leur rencontre. Elles sont indépendantes des nœuds ou tout au moins ont une existence quasi individuelle. S'il n'en était pas ainsi elles devraient disparaître avec la coalescence des anastomoses entre elles.

Pendant que se produit la coalescence des anastomoses le nucléole prend une position très excentrique et va s'accoler en un point quelconque à la paroi du noyau (paroi virtuelle au moins) où il commence à présenter des transformations remarquables. Il subit une forte dilatation et un aplatissement considérable. Simultanément il semble entrer en ébullition intense. Il se présente à ce moment précis comme une lentille biconvexe dont la surface tournée vers l'extérieur du noyau est bourrée de vacuoles remplies d'une matière achromatique. Les unes sont plus ou moins prêtes à s'ouvrir, les autres sont ouvertes et ont déversé leur contenu dans le suc nucléaire, d'autres sont déjà en voie d'effacement plus ou moins avancé. Tout se passe comme s'il s'agissait d'une masse visqueuse en ébullition dont les bulles, en venant crever à la surface, émettraient, non un gaz, mais un liquide incolore.

La surface orientée vers le centre du noyau est limitée par une pellicule épaisse de chromatique réticulaire à peu près unie dans toute son étendue. Elle présente accidentellement quelques bulles ouvertes comme celles de la face opposée.

Le pourtour du nucléole, tel qu'il vient d'être décrit, est assez frangé de très nombreuses vacuoles; des fragments de substance peuvent s'en détacher.

Quatrième stade — La concentration des plages fibro-granuleuses s'accentue, les ouvertures dans la masse s'effacent. A ce moment les ponctuations chromatiques ont une tendance manifeste à disparaître du grumeau formé par les éléments confondus du réseau. La concentration des plages en une masse est accompagnée d'une contraction plus ou moins accentuée et d'une localisation déterminée; le magma fibro-granuleux vient coiffer le nucléole dilaté.

Le nucléole présente alors une activité moindre que dans le stade précédent, il tend légèrement à reprendre sa forme normale.

Cinquième stade. — Ce stade permet de percevoir l'ébauche des filaments chromosomiques du leptonéma, commencement de la période synaptique classique telle que l'ont décrite avec tant d'autorité le célèbre cytologiste V. Grégoire et son école de Louvain.

Progressivement, les ponctuations chromatiques enclavées dans le magma se réduisent et finissent par disparaître totalement.

Le nucléole procède encore à l'expulsion d'une très légère quantité de bulles achromatiques tout en reprenant rapidement sa forme sphéroïde accoutumée.

Pendant la période prosynaptique le noyau subit un accroissement très considérable et très rapide qui semble être la cause des phénomèmes affectant l'état du nucléole et des ponctuations du réticulum. On peut, en effet, distinguer deux phases dans l'évolution décrite.

La première phase comporte une rupture de l'équilibre dans la composition biochimique du suc nucléaire par invasion massive de substances cytoplasmiques du noyau.

La deuxième phase rétablit l'équilibre dans la composition biochimique par une réaction intense du nucléole et, en général, des éléments dits chromatiques dans le noyau.

Telle est l'interprétation que je crois pouvoir donner aux faits décrits dans cette Note.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'équilibre alimentaire. Entretien du Pigeon au moyen d'un régime totalement privé de facteur hydro-soluble* B. Note de Mme **L. Randoin** et de M. **H. Simonnet**, présentée par M. F. Henneguy.

Dans notre conception du problème de l'alimentation [1], on doit pouvoir réaliser l'équilibre alimentaire de diverses manières en faisant varier les proportions relatives de certains principes nutritifs, si l'on prend soin de faire varier en même temps les proportions d'autres principes dont le rôle dans l'économie est en rapport avec celui que jouent les premiers. Il existe notamment une relation entre diverses substances élémentaires fondamentales et l'utilisation des substances dites énergétiques. Ainsi, une ration renfermant l'énergie potentielle nécessaire à un organisme n'entretient celui-ci (ou ne permet sa croissance) que si le rapport $\frac{\text{facteur B}}{\text{glucides}}$ ne descend pas au-dessous d'une certaine valeur. Des troubles se pro-

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 963.

duisent, soit lorsqu'on augmente suffisamment la proportion des glucides d'une ration, soit lorsqu'on diminue la quantité de facteur B.

Ce dernier étant complètement éliminé, on constate que plus on restreint la proportion des glucides, plus l'animal devient capable de résister longtemps aux effets du déséquilibre provoqué par le manque de vitamine B [1]. Il nous restait à *supprimer*, dans ces conditions, la *totalité des glucides.* Cette expérience, nous l'avons réalisée avec le Pigeon adulte.

Technique. — Nous avons préparé deux régimes artificiels privés de facteur B, l'un renfermant, en proportions normales, des protides, des lipides et des glucides; l'autre ne contenant, comme substances énergétiques, que des protides et des lipides.

Régime avec glucides.		Régime sans glucides.	
Muscle purifié	7,5	Fibrine purifiée	18
Caséine purifiée	8,5	Caséine purifiée	18
		Blanc d'œuf purifié	18
Graisse de beurre	4	Graisse de beurre	16
Dextrine	66	Huile d'arachides	16
Agar-agar	8	Agar-agar	5
Papier-filtre	2	Papier-filtre	5
Mélange de sels	4	Mélange de sels	4

Les Pigeons ont été répartis en quatre lots :

Lot I. — Régime avec glucides + facteur B (1g,25 de levure de bière sèche par jour) : *régime artificiel complet.*

Lot II. — Régime avec glucides, sans facteur B.

Lot III. — Régime sans glucides + facteur B (1g,25 de levure de bière sèche par jour).

Lot IV. — *Régime sans glucides et sans facteur* B.

Les animaux, alimentés par gavage, ont reçu chaque jour un poids de nourriture correspondant à l'apport énergétique *théoriquement* suffisant, soit 20g pour la ration à base de dextrine, 16g pour la ration sans glucides.

Résultats généraux. — Nos expériences ont duré trois mois et demi (23 avril-6 août). Les résultats relatifs aux variations pondérales sont mis en évidence sur le graphique (voir *courbes* I, II, III, IV).

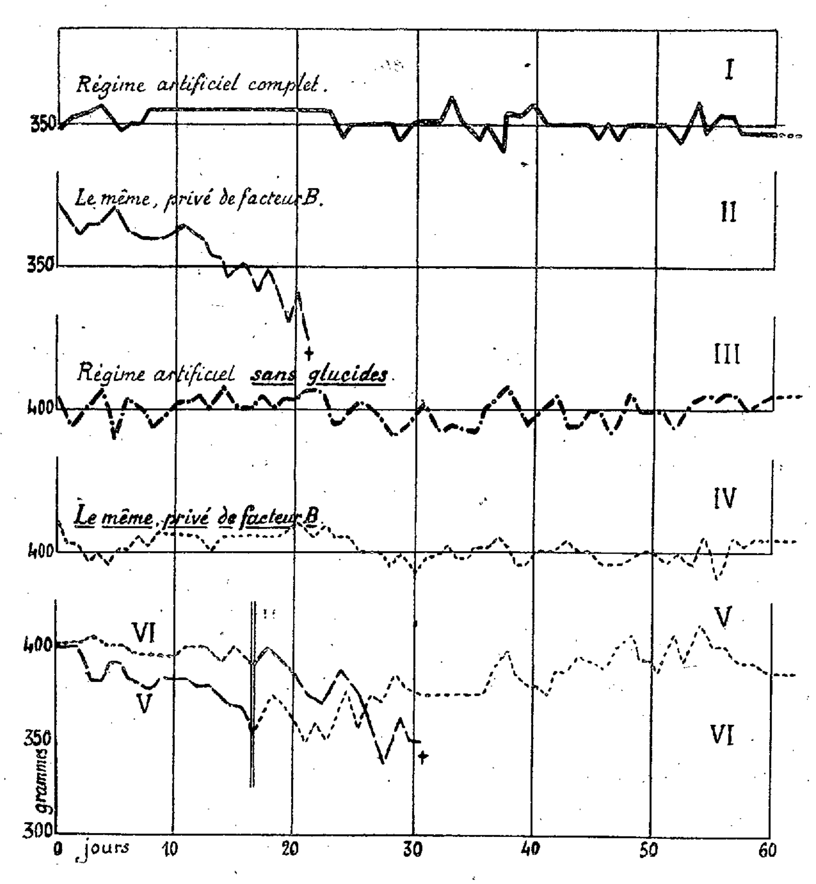
Lot I. — Maintien du poids et du degré normal de température, indiquant que *l'équilibre est convenable* et que, notamment, *le rapport* $\frac{\text{facteur B}}{\text{glucides}}$ *est satisfaisant.*

Lot II. — D'abord, maintien du poids, puis amaigrissement et chute parallèle de la température centrale; enfin, vers le vingtième jour, crises convulsives suivies de mort.

Lot III et lot IV. — Maintien du poids et du degré normal de température.

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 903.

En ce qui concerne le *poids des organes*, pas de différences notables entre les Pigeons des lots I, III, IV (animaux sacrifiés à la fin de l'expérience); seuls, les organes des Pigeons du lot II présentent les variations pondérales toujours observées dans le cas d'un régime de constitution normale privé de facteur B.



Nous avons complété cette étude par l'expérience suivante : des Pigeons, répartis en deux lots, ont été mis, les uns au *régime sans facteur* B, *à base de dextrine*, les autres au *régime sans glucides ni facteur* B. Au moment de l'apparition des troubles chez les premiers, on a donné à ceux-ci le régime sans glucides ni facteur B, et, inversement, les autres ont reçu la ration à base de dextrine privée de facteur B (voir *courbes* V et VI).

Lot V. — D'abord, comme pour le lot II, maintien du poids, puis amaigrissement et chute de la température. *Après changement de régime*, oscillations correspondant à une adaptation à la nouvelle ration, puis reprise du poids et de la température,

lesquels, dans l'exemple choisi, se maintiennent pendant 50 jours; enfin crises et mort.

Lot VI. — D'abord, équilibre parfait, comme pour le lot IV. *Après changement de régime*, baisse du poids et de la température, puis crises convulsives et mort (au bout de 10 à 15 jours).

Interprétation et conclusions. — I. Le régime artificiel complet que nous avons employé réalise un équilibre alimentaire normal.

II. Le même régime, *privé de facteur* B, se trouve alors fortement déséquilibré : l'organisme devient incapable d'utiliser les 66 pour 100 de glucides présents, d'où une véritable *inanition partielle* (cause de l'amaigrissement), état aggravé par une *accumulation de produits toxiques* dérivés des glucides ou causés par leur non-utilisation (cause des accidents nerveux).

III. L'emploi du régime sans glucides, avec facteur B, prouve déjà que le Pigeon, pour son entretien, n'a pas besoin d'hydrates de carbone préformés.

IV. *Une ration privée de facteur* B *peut assurer l'entretien du Pigeon* — au moins pendant un temps très long — *si elle est totalement dépourvue de glucides*, car, dans ce cas, les lipides et les protides étant utilisés et fournissant à eux seuls l'énergie nécessaire, il n'y a pas d'inanition partielle et, d'autre part, le jeûne hydrocarboné, loin de favoriser la production des crises, l'empêche ou la retarde considérablement. Il y aurait donc là, en l'absence de facteur B, un équilibre alimentaire possible, un *équilibre de résistance.*

V. En substituant ce régime sans glucides au régime à base de dextrine (tous deux sans facteur B), on peut guérir momentanément et pendant un temps assez long les troubles provoqués par l'emploi de la ration avec glucides.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le rayonnement des homœothermes et le calcul de sensibilités nerveuses.* Note de M. **Charles Henry**, présentée par M. Daniel Berthelot.

De même que l'on rapporte le rayonnement des corps noirs naturels au *corps noir*, réalisé par un trou très petit dans une enceinte isotherme, on doit rapporter à ce radiateur intégral le rayonnement des homœothermes, qui tendent d'ailleurs vers le dispositif théorique avec les orifices des glandes sudoripares et sébacées.

La différence q entre la chaleur émise par un corps noir, d'aire s, de température θ et la chaleur reçue, à la distance r, par un corps noir, d'aire s',

de température θ_0, est

$$q = \frac{\sigma_{\mathcal{C}}}{\mu\pi}\,\frac{s.s'}{r^2}(\theta^4 - \theta_0^4); \qquad \pi = 3,1416; \qquad \frac{\sigma_{\mathcal{C}}}{\mu} = 1,28.10^{-12}\,\frac{\text{petites calories}}{\text{sec : cm}^2};$$

μ, équivalent mécanique d'une calorie. Si l'on fait $s = s' = 1 = r^2$, on a

$$q = 0,404.10^{-12}(\theta^4 - \theta_0^4).$$

Dans un milieu à 20° C. ($\theta_0 = 293$), l'homme ($\theta = 310$) émet, d'après Atwater, $1,27.10^{-3}$, tandis que cette équation, aux mêmes températures, donne, pour le corps noir, $0,752.10^{-3}$.

$\sigma_{\mathcal{C}}$, qui est une constante absolue, varie apparemment avec $\theta^4 - \theta_0^4$, comme il ressort des graphiques ci-contre, que nous avons calculées d'après les expériences de Lefèvre, substituant les quantités correctes aux calories par kilogrammes et par heure de cet auteur et transformant les températures centigrades en absolues.

Nous allons voir que l'on peut *calculer* ces courbes par des expressions d'une même fonction $\lambda_n \Delta\lambda = \varphi(\lambda_n \theta)$, λ_n désignant un λ nerveux, $\Delta\lambda$, la sensibilité stationnaire à ces λ, en somme, à des durées, quantité précédemment étudiée en fonction de $\lambda\theta$ pour l'électromagnétisme (*Comptes rendus*, 4 février) : on a, pour le porc,

$$\lambda\Delta\lambda = 3,26.10^{-2}\sigma.$$

Les variations apparentes de σ s'expliquent par une dilatation des orifices de la peau, corrélative d'une constriction de celle-ci, constriction qui croissant avec la sensibilité aux λ du froid, augmente l'émission calorifique et perturbe la loi de Stefan.

Les fréquences objectives ν, auxquelles réagissent les résonateurs nerveux sont comprises, *en gros*, entre $\nu = 7,25.10^{14}$ (violet) et $\nu = 40$, limite inférieure des vibrations *musicales* : les vibrations nerveuses ν_n sont comprises, en gros, entre $\nu_n = 6,41.10^2$ et $\nu_n = 10$; d'où une relation empirique

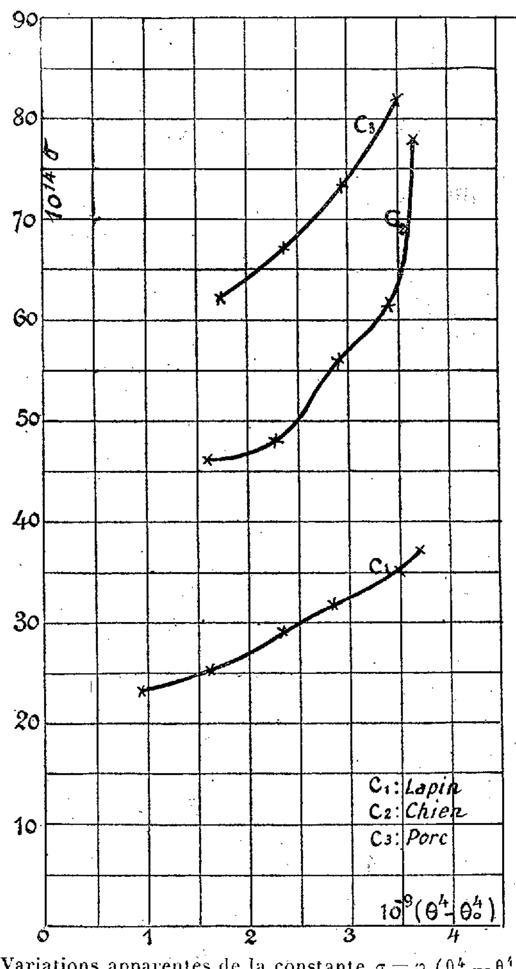
(1) $$\nu_n = k\nu^{\frac{1}{7,33}} \qquad (K = 6,03).$$

La fonction

$$\Delta\lambda = a\frac{\lambda^3}{\theta}\left[1 - \frac{b}{\lambda\theta} + \frac{c}{\lambda^2\theta^2} + \frac{d}{\lambda^4\theta^4}\right]$$

passe par un maximum compris entre deux minima. Les valeurs de $\frac{\nu}{\theta}$ corres-

pondant respectivement au premier minimum, au maximum et au deuxième minimum sont $1,74.10^{11}$; $1,02.10^{11}$; $3,3.10^{10}$; ce sont des constantes universelles puisque indépendantes des vitesses de propagation V. Posons $\theta = 3,1.10^2$, limite inférieure des températures des homœothermes; nous avons, pour les ν, $5,394.10^{13}$; $3,162.10^{13}$; $1,023.10^{13}$; et d'après (1)



Variations apparentes de la constante $\sigma = \varphi\,(\theta^4 - \theta_0^4)$ chez quelques homœothermes.

pour les ν_n, 450,5; 418,8; 359,1. La vitesse *moyenne* de propagation nerveuse est $2,8.10^3$: posons comme limite inférieure de cette vitesse $V = 2,63.10^2$, nombre auquel conduisent des calculs, qui montrent en même temps que la constante $a = \frac{h}{2\pi k}$ est universelle. Nous avons les λ_n;

égalant à zéro pour ces valeurs la dérivée

$$\Delta\lambda' = a\theta^{-4}(3\lambda^2\theta^2 - 2b\lambda\theta + c - d\lambda^{-2}\theta^{-2}),$$

nous avons trois équations qui nous donnent b, c, d. On a

$$(2) \qquad \theta^4\Delta\lambda = 7{,}744.10^{-12}\lambda^3\theta^3\left[1 - \frac{8{,}06.10^2}{\lambda\theta} + \frac{2{,}43.10^5}{\lambda^2\theta^2} + \frac{1{,}59.10^9}{\lambda^4\theta^4}\right].$$

En réalité, on a affaire avec un faisceau de courbes $\Delta\lambda$, dépendant des différents V.

Le calcul montre que la fonction $\lambda\Delta\lambda = \varphi(\lambda\theta)$ a un minimum pour $\lambda = 0$, passe par un maximum pour $\lambda\theta = \frac{3b - \sqrt{9b^2 - 32c}}{8}$, par un deuxième maximum pour $\lambda\theta = \frac{3b + \sqrt{9b^2 - 32c}}{8}$, à la condition que $9b^2$ soit $> 32c$; $\lambda\Delta\lambda$ n'a que le maximum du début et deux points d'inflexion pour $24c < 9b^2 \leqq 32c$; le minimum et pas de point d'inflexion pour $9b^2 \leqq 24c$. Dans les courbes de σ du lapin et du chien, il y a deux points d'inflexion; il n'y en a pas chez le porc et l'on a bien, pour celui-ci, avec les paramètres calculés, $9b^2 = 24c$.

Des températures θ auxquelles le porc est exposé on tire, par la loi de Wien, les λ_m, c'est-à-dire les λ d'émission maxima correspondant à ces θ pour le milieu assimilé à un corps noir, ν les fréquences électromagnétiques de ces λ; de celles-ci, par (1), on déduit les ν_n ou les $\lambda_n = \frac{V}{\nu_n}$; on forme les produits $\lambda_n\theta$; par (2), on calcule les $\Delta\lambda$; on vérifie la proportionnalité ci-dessus énoncée entre $\lambda_n\Delta\lambda$ et σ.

Il n'y avait pas inconvénient à poser $\theta = 3{,}1.10^2$ au lieu de $\theta = 3{,}12.10^2$, la température du porc, car si les ν sont légèrement diminués, les V décroissent également un peu; les $\lambda = \frac{V}{\nu}$ restent constants.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en chlorure de sodium du sang de quelques invertébrés marins.* Note de M. **Marcel Duval**, présentée par M. L. Joubin.

Au cours de recherches sur la pression osmotique du sang des animaux marins, nous avons été amené à doser le chlorure de sodium qui s'y trouve normalement dissous. Des analyses de ce genre ont déjà été faites depuis

longtemps. Quinton, en particulier, a comparé la teneur en chlorure de sodium du milieu intérieur des animaux aquatiques avec celle du milieu ambiant et il est arrivé à la conclusion que « le milieu vital des invertébrés marins est, au point de vue minéral, le milieu marin lui-même » (¹). Il trouva que le sang de l'invertébré marin et son milieu extérieur contenaient des doses sensiblement égales de chlorure de sodium, le sang étant tantôt plus riche que l'eau de mer en NaCl ou inversement. Aussi admit-il qu'il y avait égalité entre les concentrations en chlorure de sodium dans le milieu intérieur et dans le milieu ambiant.

Nous avons repris ce travail, particulièrement à propos des crustacés, et nous avons utilisé une méthode de dosage plus précise que celle employée par Quinton (lequel appliquait directement la méthode de Mohr au sang simplement dilué d'eau distillée, sans destruction préalable des matières organiques qui peuvent être une cause d'erreur). Voici la technique de nos dosages :

Les crustacés marins pêchés dans le bassin d'Arcachon sont conservés quelques jours dans les aquariums de la Station biologique. On les saigne par section d'une ou plusieurs pattes et, sur 1^{cm^3} de sang clarifié par repos après agitation, on dose le chlore suivant la méthode de Laudat dont voici le détail : Dans un vase de Bohême on introduit 10^{cm^3} de nitrate d'argent $\frac{N}{20}$, 5^{cm^3} d'acide azotique et 1^{cm^3} du sang soigneusement mesuré. On porte à l'ébullition et l'on ajoute goutte à goutte du permanganate en solution saturée jusqu'à destruction complète des matières organiques. On laisse refroidir, on dilue, on dose l'excès de nitrate d'argent au sulfocyanure.

Cette méthode, très facile à mettre en œuvre et très rapide, est aussi très précise.

On dose de même le NaCl de l'eau de mer de l'aquarium duquel on a retiré l'animal.

Voici les résultats obtenus :

Crustacés.	Teneur en NaCl en grammes par litre du sang.	de l'eau de mer.
Carcinus mœnas	29,2	33,0
	29,5	32,4
	31,5	34,4
Portunus puber	30,2	33,0
	30,7	32,4
	31,0	33,3
	32,1	34,4

(¹) *L'eau de mer, milieu organique* (Paris, Masson, 1904).

Crustacés.	Teneur en NaCl en grammes par litre du sang.	Teneur en NaCl en grammes par litre de l'eau de mer.
Platycarcinus pagurus	27,5	33,0
	30,1	32,1
	29,8	32,1
	32,7	34,4
Maia squinado	31,5	33,3
	31,5	33,3
Pagurus bernhardus	28,1	33,0
	25,8	32,7
Homarus vulgaris	30,2	31,3
Atelecyclus cruentatus	31,8	32,7
Mollusques gastéropodes :		
Buccinum undatum ([1])	31,8	33,3
Siponculiens :		
Siponculus nudus	33,3	33,3
	34,4	34,4

Ce tableau montre que la teneur en NaCl du sang des crustacés étudiés n'est jamais égale, mais toujours inférieure de quelques « pour 100 » au moins à celle de l'eau de mer environnante. Cependant on sait que les pressions osmotiques de ces deux liquides sont très exactement les mêmes. Il existe donc dans le sang de ces invertébrés des substances (probablement organiques) qui interviennent par leur concentration moléculaire pour égaliser la pression osmotique du sang avec celle de l'eau de mer, la teneur du sang en NaCl étant insuffisante pour obtenir ce résultat à elle seule.

Ces conclusions s'appliquent intégralement au sang de *Buccinum undatum*, mollusque gastéropode.

Par contre, chez le siponcle, il y a identité des teneurs du sang et du milieu ambiant en chlorure de sodium.

En résumé, nous constatons que contrairement à l'opinion habituellement admise, classique, le sang d'un certain nombre d'invertébrés marins, en particulier des crustacés, possède une teneur en NaCl plus faible que celle du milieu extérieur, bien qu'il soit isotonique avec ce liquide.

Nous nous proposons d'étendre ces recherches à d'autres invertébrés marins.

([1]) Mélange du sang de deux individus saignés par section du pied.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Lois d'action de la laccase : influence de la réaction du milieu.* Note de M. **Paul Fleury**, présentée par M. G. Bertrand.

On connaît, depuis les recherches classiques de G. Bertrand (¹), la sensibilité véritablement considérable de la laccase aux moindres changements de réaction provoqués par l'addition de divers acides. Mais jusqu'ici les auteurs qui se sont occupés de ce sujet ne se sont pas attachés à tracer la courbe d'activité en fonction de la réaction du milieu. Nous avons repris cette étude en utilisant la méthode de mesure décrite précédemment et appliquée déjà à l'étude de l'influence de la concentration du gaïacol et de la pression de l'oxygène (²).

Dans toutes nos expériences, l'activité a été déterminée en maintenant constante la concentration en laccase. Dans une première série, la concentration en gaïacol, en proportion optimum, a été maintenue également constante. Dans une deuxième série, on a fait varier cette concentration.

La réaction du milieu est notée, selon Sörensen, en P_H (³).

I. *Le gaïacol est employé à la concentration de* 1 *pour* 100. — Quand, dans ces conditions, la réaction du milieu va de P_H 4,5 à P_H 9,0, l'activité d'abord presque nulle passe par un maximum pour P_H 6,7 et retombe presque à zéro pour P_H 9,0. C'est donc au *voisinage de la neutralité théorique* (et du côté acide) que se trouve placé l'optimum d'action de la laccase sur le gaïacol.

II. *Le gaïacol est employé à des concentrations variables.* — 1° Si l'on établit, pour chaque concentration en gaïacol, la courbe d'activité en fonction du P_H (cf. *fig.* 1), on remarque que la *valeur optimum du* P_H *est variable selon la concentration du gaïacol* employée pour déterminer la courbe.

Ce point optimum *se déplace vers le milieu alcalin* au fur et à mesure que la *concentration du gaïacol est plus faible.* Cet optimum passe de 6,7 pour une concentration de 1 pour 100 à 7,6 pour celle de 0,25 pour 100.

On constate en même temps une modification dans la *forme* de la courbe qui tend de plus en plus à « s'aplatir ».

2° Considérant les mêmes résultats sous un angle différent, on peut pour

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. **1**, 1907, p. 1120, et *Ann. Inst. Pasteur*, t. **21**, 1907, p. 673.

(²) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 814 et 1027.

(³) On trouvera dans un autre Recueil le détail des expériences.

chaque P_H dresser la *courbe d'activité en fonction de la concentration en*

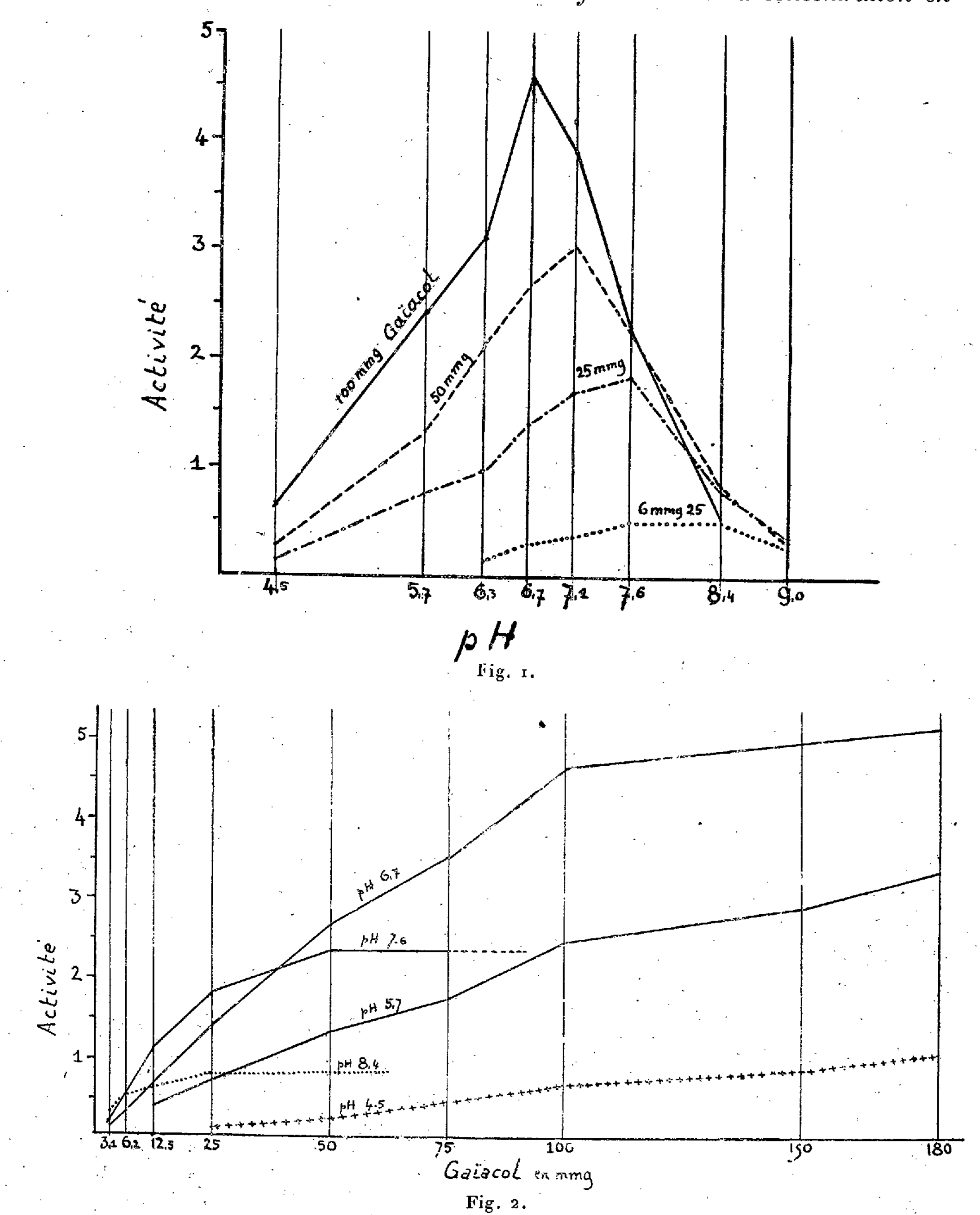


Fig. 1.

Fig. 2.

gaïacol. On constate alors que la courbe avec point d'inflexion signalée

dans notre Note précédente se modifie d'une façon curieuse selon le P_H, comme le montre la figure 2.

Il y a déplacement de ce point d'inflexion qui, d'après notre interprétation, marque la concentration maximum à partir de laquelle l'activité devient indépendante de la quantité de gaïacol en présence. L'inflexion se produit pour une concentration en substrat d'autant plus faible que la valeur du P_H est plus élevée (c'est-à-dire l'alcalinité plus forte). Par exemple, à P_H 6,7 il faut au moins 1 pour 100 de gaïacol pour que l'activité devienne indépendante de ce corps, à P_H 8,4 cette indépendance apparaît dès 0,26 pour 100.

Ces faits, dont quelques-uns avaient déjà été signalés à l'état isolé à propos de divers ferments, n'avaient pas encore été observés dans leur ensemble pour une même diastase.

Interprétation. — Pour les interpréter nous avons été amené, en nous inspirant d'un certain nombre d'auteurs et tout particulièrement de Colin et Chaudun, à formuler une théorie qui les relie d'une façon satisfaisante pour l'esprit.

La courbe à optimum traduirait la *résultante de deux phénomènes* qui conditionnent l'activité de la laccase. Les deux phénomènes seraient l'un et l'autre *influencés par la réaction du milieu*, mais *tout changement dans cette réaction aurait pour effet simultanément de favoriser l'un et de nuire à l'autre.*

L'un serait la proportion selon laquelle s'unissent substrat et ferment, ce qu'on peut appeler le *pouvoir fixateur* de la diastase. La laccase fixerait des quantités de *moins en moins fortes de gaïacol* au fur et à mesure de l'augmentation du P_H, c'est-à-dire de l'accroissement de l'alcalinité. Ainsi s'expliquerait le déplacement du point d'inflexion dans les courbes d'activité en fonction de la concentration du gaïacol.

Le second phénomène serait la *vitesse de transformation du substrat* (« sensibilisé » par son union avec le ferment). Il s'agirait en la circonstance de la *vitesse d'oxydation du gaïacol qui augmenterait quand le* P_H *augmente*, c'est-à-dire quand l'alcalinité croît. On sait en effet avec quelle facilité les phénols s'oxydent en milieu alcalin et, dans un Mémoire récent, Clarens (¹), précisément à propos des phénomènes oxydasiques, étudie l'oxydabilité de l'hydroquinone en fonction de l'alcalinité du milieu et apporte un appui à cette hypothèse.

Cette oxydabilité expliquerait le déplacement du P_H optimum vers le milieu alcalin.

(¹) *Bull. Soc. chem.*, 4ᵉ série, t. 35, 1924, p. 1198.

ANATOMIE. — *Sur une circonvolution rhinencéphalique particulière aux Carnassiers : le* gyrus transversus areæ piriformis. Note de M. **R. Anthony** et M[lle] **F. Coupin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1898, M. G. Retzius a noté, chez le Chien, la présence d'une petite circonvolution rhinencéphalique qu'il a nommée *gyrus transversus hippocampi*, mais qu'il est préférable de désigner par le terme de *gyrus transversus area piriformis*, en raison de sa situation à la surface de l'aire piriforme.

Nous avons constaté sa présence, non seulement chez le Chien et tous les Canidés, mais aussi chez les Ours, l'Hyène, le Lion et l'Otarie, ainsi que chez la Loutre et la Fouine, où elle est au surplus beaucoup moins développée. Par contre, chez le Chat domestique, les Viverridés et les petits Mustélidés, on n'en trouve pas d'indication.

En fait, le *gyrus transversus area piriformis* est seulement distinct chez les Carnassiers dont le cerveau atteint un volume suffisant pour comporter un certain degré de gyrencéphalie. De plus, il est spécial à ce groupe, n'existant, d'après les recherches que nous avons faites, chez aucun autre Mammifère à gros cerveau (Ongulés ou Primates).

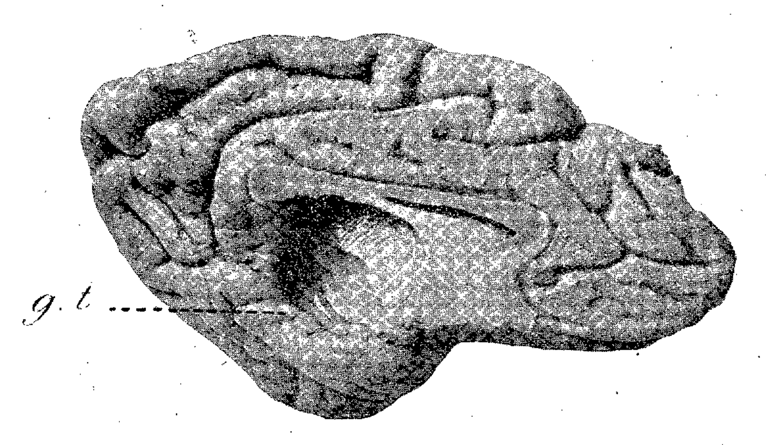
Il se présente sous l'aspect d'un petit ruban de substance grise qui débute à l'extrémité antérieure de la fissure de l'hippocampe et se dirige vers la terminaison de la rhinale postérieure où il finit, son trajet décrivant une courbe à concavité antéro-inférieure. Chez les Carnassiers à gros cerveau (Ours, Lion), il fait une forte saillie à la surface de l'aire piriforme et prend un aspect godronné caractéristique (voir figure); de plus, chez les Ours, il est en partie operculisé par la lèvre postérieure très développée du *sulcus ursinus*.

Il est à noter que le *gyrus transversus area piriformis* correspond à la région du manteau où s'accomplit le passage de l'écorce rhinencéphalique à l'écorce néopalléale, les axones des cellules pyramidales de cette région allant, les uns à l'alveus et de là au fornix, les autres aux voies conductrices néopalléales, et la connexion étant assurée par les communications entre cellules.

Au point de vue structure, le *gyrus transversus area piriformis* est peu différent de l'aire piriforme sur laquelle il s'étend; cependant, les cellules pyramidales de la couche superficielle y sont plus nombreuses, plus rap-

prochées aussi de la surface, en raison de l'amincissement de la couche moléculaire.

La présence, chez les Carnassiers seulement, dans la région où le rhinencéphale passe au néopallium, d'une circonvolution dont la différenciation



Face mésiale de l'hémisphère gauche d'un Lion adulte. — *g. t.*, *gyrus transversus areæ piriformis.*

est en rapport avec la multiplicité des éléments cellulaires à ce niveau, s'expliquerait peut-être par le très grand rôle que doit jouer chez eux, au point de vue psychique, l'association des sens de l'odorat et du goût. On sait que l'on tend actuellement, et de plus en plus, à localiser le sens du goût dans la région néopalléale où, précisément, le *gyrus transversus area piriformis* aboutit; les faits que nous apportons nous paraissent venir à l'appui de cette opinion.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la présence de* Liponeura cinerascens *Lœw et de* L. brevirostris *Lœw dans la haute vallée de la Meurthe. Adaptation de ces Diptères Blépharocérides à la vie torrenticole.* Note (¹) de M. E. **Hubault**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'étude des représentants de la famille des Blépharocérides fait chaque année de nouveaux progrès. Leur présence a été signalée en d'assez nombreux points du globe à l'intérieur d'une zone comprise d'après Bezzi, entre le 52° latitude Nord et le 40° latitude Sud. Leurs curieuses larves habitent les torrents et les cascades des régions montagneuses, accrochées

(¹) Séance du 6 octobre 1924.

aux pierres du fond par six ventouses rangées en une ligne médiane sur la face ventrale du corps. Les nymphes vivent collées sur les roches aux mêmes endroits.

Ces Diptères n'ont pas fait jusqu'ici, en France, l'objet de travaux importants. Mais des recherches entreprises récemment sur la faune des cours d'eau froids de la région de l'Est, nous ont permis de découvrir dans les Hautes Vosges un ensemble de stations où deux espèces de cette famille, *Liponeura cinerascens* Lœw et *L. brevirostris* Lœw, se rencontrent en telle abondance qu'il nous a été possible d'observer sans difficulté les cycles complets de ces insectes et de mettre en lumière certaines particularités de leur biologie qui nous semblent être demeurées obscures jusqu'à ce jour.

La Meurthe, descendant du col de la Schlucht, dans une vallée étroite, aux prés bordés de forêts de Sapin et d'Epicéa, longe le versant occidental de la chaîne centrale des Vosges. Torrentielle elle-même, la rivière a comme tributaires des torrents qui se précipitent en cascades depuis les pâturages et les tourbières des sommets. En aval de la ville de Fraize, elle reçoit à gauche un bras secondaire, la Petite Meurthe, qui arrose le Val de Straiture. Tel est l'habitat des deux espèces que nous avons rencontrées. Des mesures de températures et des dosages d'oxygène dissous, faits par la méthode d'Albert Lévy, nous montrèrent qu'à la fin d'août 1924, la température de ces eaux variait de 8°,75 à 11°,25, pour une teneur en oxygène comprise entre $11^{mg},1$ et $10^{mg},5$ par litre.

Liponeura cinerascens et *L. brevirostris* vivent là côte à côte, bien que les sujets de la première espèce soient moins abondants que ceux de la seconde et paraissent se tenir de préférence plus près des sources des cours d'eau. Les larves et les nymphes couvrent de colonies plus ou moins nombreuses les pierres du fond, dans les bouillonnements des cascades, à tous les endroits où le courant très rapide leur fournit une eau brassée, riche en oxygène.

Au début du mois de juillet 1924, nous remarquâmes des nymphes, ainsi que des larves de toutes dimensions, depuis des jeunes de 2^{mm} de longueur jusqu'à des adultes de 8 et 9^{mm}. Ceci nous porte à croire que le développement complet dure un an au moins : les larves les plus petites proviendraient d'œufs éclos pendant l'automne de l'année précédente; elles n'acquerraient leur taille définitive et ne se nymphoseraient qu'à la fin de l'été. Les larves adultes au début de juillet seraient issues d'œufs éclos dans le courant de l'été précédent et auraient atteint avant l'hiver la moitié au moins de leur plus grande taille.

Dans les derniers jours de juillet, les jeunes larves sont plus rares. Les larves adultes et les nymphes se rencontrent toujours en grand nombre. Nous observons des Insectes parfaits en quantités telles que nous pouvons examiner à loisir l'accouplement, la ponte, les œufs. Nos observations ont porté particulièrement, dans la Meurthe, sur *Liponeura brevirostris*. Le lit du torrent est encombré de nombreux blocs de granite dont les têtes émergent du courant. Dès le début des heures chaudes de la journée, les mâles en grand nombre parcourent ces rochers au voisinage des eaux, voletant de-ci de-là, à la recherche des femelles. L'une d'elles survient-elle, l'accouplement a lieu sur le roc, presque au niveau des eaux. Le mâle, battant vivement des ailes, se place à côté de la femelle et s'élève sur ses pattes un peu plus haut qu'elle. L'extrémité de son abdomen se recourbe alors et recherche l'extrémité de celui de la femelle. Les deux Insectes restent immobiles et l'acte dure au moins un quart d'heure.

La ponte, entrevue par Wierzejski en 1883, puis par Bischoff en 1917 et en 1919, s'est déroulée tout entière sous nos yeux. Les femelles fécondées parcourent les rochers où elles se sont accouplées, volant légèrement au ras des eaux, mais de préférence sur les faces latérales des rocs ou sur la face tournée vers l'aval, là où le niveau est plus constant que sur la face amont, frappée de plein fouet par le courant et les embruns. Si une vague plus haute les emporte, elles remontent immédiatement à la surface sans avoir été mouillées, s'envolent et retournent de suite à l'emplacement qu'elles viennent de quitter. Comme la larve, mais de façon tout autre, l'imago est donc parfaitement adapté au milieu où il vit. Les femelles s'accrochent à la paroi, les ailes frémissantes, l'extrémité aiguë de l'abdomen fouillant les interstices du rocher trempé d'eau. Elles interrompent parfois un instant leur parcours. L'abdomen pose un peu plus longtemps dans une anfractuosité, puis se relève presque perpendiculairement à la surface du roc. Un œuf a été pondu.

En examinant attentivement à la loupe la bande humide léchée constamment par le courant, nous apercevons les œufs déposés soit isolément, soit par petits groupes dans les interstices de la pierre. Fraîchement pondus, ce sont de petits corps d'un blanc de lait, de 500^{μ} sur 250^{μ}. Ils sont fragiles, et bien qu'à peine collés au support par une substance adhésive encore fluide sécrétée par l'oviducte de la femelle, il est difficile de les détacher avec une aiguille sans les écraser. Mais en quelques heures, ils virent au brun et au noir brillant, résultat probable de l'action d'une tyrosinase sur

des produits de désintégration de matières protéiques, en présence de fer et d'oxygène.

Les adjuvants de la mélanisation tels que la lumière, la chaleur, les sels alcalino-terreux sont amplement fournis aux œufs, sur ces blocs de granite exposés au soleil, au milieu du courant. Cette circonstance paraît avoir échappé à Bischoff. Elle rend les œufs presque invisibles à une faible distance et très faciles à confondre avec les paillettes de mica noir ou les parcelles d'amphibole. L'œuf est alors résistant et adhère plus fortement au support.

Pontes et accouplements se répètent pendant toutes les journées chaudes des mois d'été. Le 17 septembre, nous observons encore les Insectes à tous les stades : larves jeunes, larves adultes, nymphes, insectes parfaits s'accouplant et pondant, en plus faible quantité, il est vrai, que six semaines auparavant. C'est le 31 août que nous remarquons des larves récemment écloses. Elles mesurent $0^{mm},8$ de long. Elles ont déjà quitté les places de ponte et se tiennent rassemblées en groupes de plusieurs dizaines, accrochées par leurs ventouses sur les pierres du fond, juste sous les lieux de ponte, mêlées à des nymphes et à des larves plus âgées.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 7 juillet 1924.)

Note de MM. *Locquin* et *Leers*, Sur quelques nouvelles pinacolines :

Page 55, ligne 6, et page 57, lignes 6, 10, 15 et 16, *au lieu de* radical $C^3H^7_{iso}$, *lire* partout $C^3H^7_{norm}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **R. Gautier**, directeur de l'Observatoire de Genève et vice-président de la Section de Géodésie de l'*Union géodésique et géographique internationale*, qui assiste à la séance.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le bureau un volume qu'il vient de publier, s'exprime en ces termes :

Je présente à l'Académie un volume portant le titre : *Mélanges de Mathématiques et de Physique*. Dans un livre paru il y a deux ans, intitulé : *Discours et Mélanges*, j'avais rassemblé des conférences et diverses notices relatives à l'histoire et à la philosophie des sciences. Je réunis aujourd'hui quelques études, qui n'avaient pas trouvé place dans ce volume; elles ont surtout pour objet des questions d'ordre général se rapportant aux sciences physico-mathématiques. J'y ai joint quelques recherches d'un caractère plus spécial, dont les conclusions peuvent cependant être dégagées de l'appareil analytique qui y a conduit.

Quoique de nature assez différente et de formes très diverses, les articles qui composent ce volume donneront peut-être une idée assez nette du rôle des mathématiques et des théories de la physique mathématique dans la science actuelle.

M. **A. Lacroix** offre à l'Académie le premier numéro du *Bulletin volcanologique*, organe de la Section de Volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale.

Ce recueil, qui est trimestriel, publie des articles originaux et la bibliographie de tous les travaux concernant le volcanisme, compris de la façon la plus large.

Il est publié par M. Malladra, secrétaire général de la Section, sous le contrôle du Bureau de celle-ci.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'allotropie du verre.* Note de M. **Henry Le Chatelier.**

Dans une Note précédente sur la viscosité du verre ([1]) j'ai montré que la loi du phénomène pouvait être représentée en fonction de la température par la formule très simple

$$\text{Log Log}\,\eta = -\,\mathrm{M}t + \mathrm{P}.$$

J'ai signalé de plus que l'extrapolation de cette formule au-dessous de 800°, limite inférieure des expériences de Washburn, sur lesquelles je m'étais appuyé, conduisait à des valeurs de la viscosité difficilement compatibles avec ce que l'on sait des conditions du recuit du verre. Pour expliquer cette discordance, j'ai invoqué l'existence de deux variétés allotropiques du verre possédant des lois différentes de variation de leur viscosité; j'ai signalé à cette occasion l'intérêt que présenteraient des expériences poursuivies aux températures inférieures à 800°.

Par une heureuse coïncidence, 15 jours après la publication de cette Note, un jeune savant anglais, M. S. English, donnait dans le *Bulletin de la Société technologique du verre* ([2]) un très important Mémoire sur ce sujet, avec de nombreuses mesures de viscosité s'étendant depuis 500° jusqu'à 1500°. En appliquant à ces nouvelles expériences la représentation géométrique de la formule du double logarithme, on voit de suite que l'ensemble de la courbe est constitué par deux droites inégalement inclinées, le passage de l'une des variétés à l'autre se faisant à des températures échelonnées entre 750° et 950° suivant la nature des verres. Cela confirme donc l'existence des deux variétés allotropiques du verre.

Le tableau numérique suivant donne, pour différents verres étudiés par

---

([1]) H. Le Chatelier, *Sur la viscosité du verre* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 517).

([2]) S. English, *The effect of composition on the viscosity of glas* (*J. of Society of Glass technology*, t. 8, 1924, p. 205).

Mr. English, le numéro de l'expérience, la composition moléculaire du verre, les paramètres M et P de la formule logarithmique et enfin la température de passage d'une variété à l'autre. La variété du verre stable à basse température est désignée par le symbole α et la variété stable à chaud par le symbole β.

Numéro du verre.	Composition moléculaire				Variété α		Variété β		Température de passage.
	SiO^2.	Na^2O.	MgO.	Al^2O^3.	$M.10^3$.	P.	$M.10^3$.	P.	
I........	3	1	»	»	1,25	1,70	0,91	1,45	700°
II........	3	0,7	0,3	»	1,08	1,65	0,73	1,35	900
III.......	3,6	1	»	0,2	1,11	1,66	0,61	1,19	950

Pour montrer le degré d'exactitude avec lequel la formule logarithmique coordonne les résultats des expériences, on a porté sur le tableau graphique ci-après les points expérimentaux relatifs à ces trois verres. Tous ces points s'alignent très nettement suivant les droites dont les paramètres sont donnés dans le tableau numérique.

On objectera peut-être que les deux droites formant un angle assez obtus, on pourrait obtenir une représentation également satisfaisante des expériences avec une courbe d'un grand rayon de courbure. Pour serrer de plus près cette discussion, je donne la comparaison entre les températures observées et mesurées directement. Il semble difficile d'obtenir un accord plus satisfaisant avec une courbe continue. Le calcul a été fait pour le verre n° III, en employant les paramètres donnés plus haut.

VERRE III : *Variété* α.

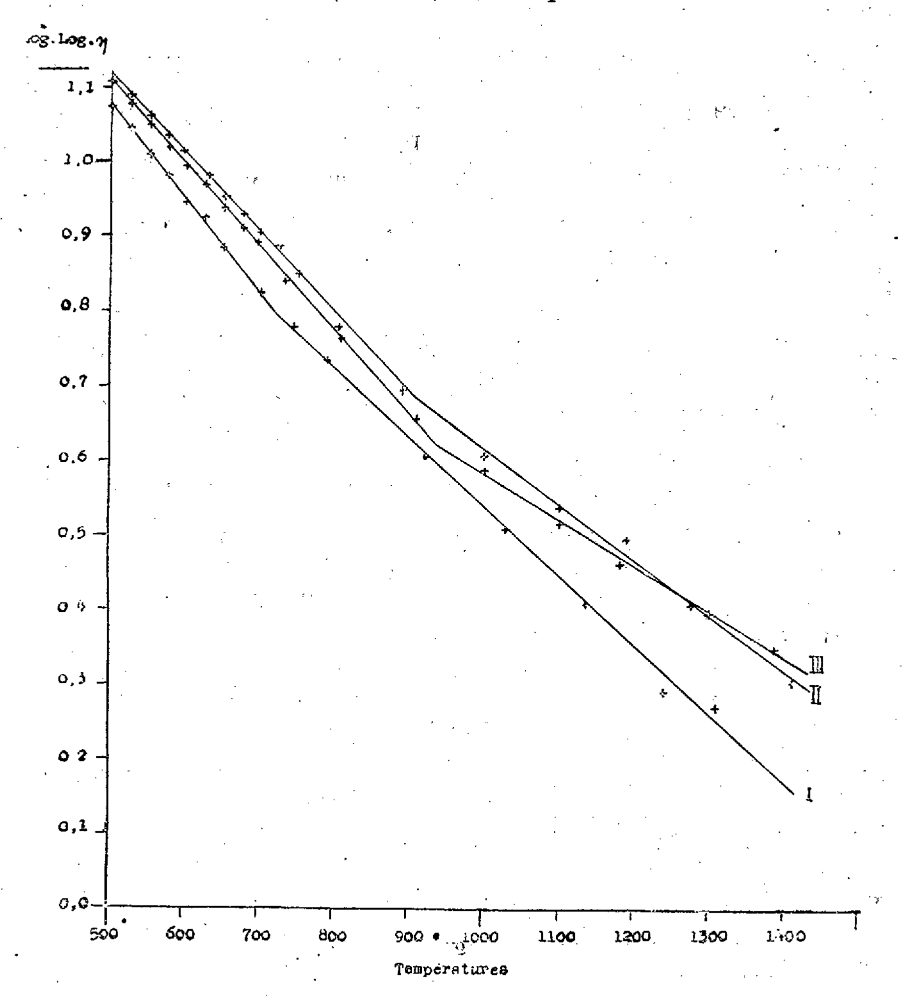
Expérience....................	500	552	600	650	695	805
Calcul......................	496	551	601	652	689	809
Différence..................	+4	+1	−1	−2	+6	−4

Variété β.

Expérience.................	1020	1100	1180	1275	1388
Calcul.....................	1010	1100	1180	1274	1370
Différence.................	+10	+0	+0	+1	+18

Pour la variété stable à basse température, l'accord est plus satisfaisant qu'on ne pouvait l'espérer en raison des incertitudes sur la mesure des températures. Pour la variété stable à chaud, le désaccord à la température voisine de 1400° est un peu plus élevé, mais ne doit pas surprendre en raison de la grande difficulté de toutes les mesures faites à des températures aussi élevées.

Le verre donne donc lieu à un phénomène identique à celui que nous connaissons déjà pour le soufre. Il y a cependant une différence. Le soufre, en changeant d'état, éprouve en même temps une variation importante dans la valeur absolue de sa viscosité, tandis que dans le cas du verre, c'est



seulement la loi de variation de la viscosité en fonction de la température qui est modifiée.

Ce résultat doit être rapproché de l'anomalie de dilatation signalée par M. Lafon (¹) pour un certain nombre de verres qui présentent, entre 500°

(¹) LAFON. *Anomalie dans la dilatation du verre* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 955).

et 600°, un accroissement rapide du coefficient de dilatation. La déformation des échantillons résultant du ramollissement du verre n'avait pas permis de suivre le phénomène dans toute son étendue; on en avait seulement constaté le début.

MÉCANIQUE ET CHRONOMÉTRIE. — *L'hypothèse des techniciens et la méthode de Résal-Caspari*. Note [1] de M. **Jules Andrade.**

I. L'intérêt qui s'attache à l'évaluation de la précision d'horloges élastiques ou de balances spirales, dont je poursuis l'étude, réside surtout dans ce fait que la théorie rationnelle des organes élastiques réglants est loin d'être définitivement établie, comme jadis fut celle du pendule réglant des horloges, du moins avant l'introduction de la languette de suspension de Jurgensen.

Ce n'est que par un détour, d'abord imaginé par Résal, que j'ai pu aborder l'étude simultanée des efforts utiles et des pressions élastiques génératrice des frottements, — tous ensemble transmis par un ressort hélicoïdal unique à son balancier oscillant. J'avais d'abord adopté provisoirement une hypothèse d'origine assez vague qu'on peut appeler l'hypothèse des techniciens.

II. Avant de montrer comment l'on peut s'affranchir d'une hypothèse, trop tôt et brutalement appliquée aux ressorts hélicoïdaux, je rappellerai brièvement en quoi elle consiste, dans un cas où elle est admissible — dans le cas simple de la déformation élastique d'un *ruban cylindrique*, ayant comme forme primitive et naturelle d'équilibre : celle d'un secteur nécessairement non fermé, portion d'un cylindre de révolution.

La méthode de Résal vise en réalité le problème plan du *ressort circulaire déformé*. problème à propos duquel l'auteur s'intéressa, semble-t-il, au ressort du gros rouage des montres beaucoup plus qu'aux délicats ressorts réglants auxquels s'intéressent aujourd'hui chronométriers et métallurgistes.

III. Le problème du ruban cylindrique, dans le cadre des hypothèses de la résistance des matériaux, néglige la compression relative de la fibre moyenne; c'est à lui que s'appliqua tout d'abord la méthode de Résal-Caspari; ce dernier savant lui conserva une approximation suffisante pour

---

[1] Séance du 13 octobre 1924.

notre objet, mais avec des formules plus simples et plus maniables que celles de Résal.

De ces formules, j'ai dégagé une loi simple qui m'a servi de point de départ pour approfondir les propriétés des associations de deux ressorts conjugués formant le groupement ou *doublet* sinusoïdal.

Envisageons donc la *corde d'un ruban cylindrique*, c'est-à-dire la droite qui joint les extrémités de la courbe plane, fibre moyenne du ruban cylindrique, fibre arrêtée d'une part au point Q ou *piton* où elle s'encastre par une génératrice commune sur une portion de cylindre fixe, et d'autre part arrêtée au point virole W où elle s'encastre par une génératrice commune solidaire d'un balancier qui oscille autour d'un axe de rotation parallèle aux génératrices du ruban. Dans sa déformation élastique — déformation statique bien entendu — la fibre moyenne du ruban demeure dans un plan transverse et il n'y a à envisager dans ce *problème plan* que deux éléments essentiels du système des forces extrémales du ressort :

1° Un couple transverse d'encastrement;

2° Les forces complémentaires appliquées aux bouts terminaux Q et W de la fibre moyenne.

Ces dernières forces ont pour commune ligne d'action la corde WQ du ruban, et leurs sens, pour un angle d'écart u du balancier oscillant, *estimé positif dans le sens où le ruban se ferme*, sont les mêmes que *si ces deux bouts terminaux* W *et* Q *se repoussaient mutuellement suivant la corde* WQ avec l'intensité F :

$$F = \frac{EI}{R^2P^2}u\left(1 + \frac{u - \sin\omega}{P}\right)\frac{WQ}{R}, \qquad \omega = P + u;$$

rapportée aux éléments caractéristiques habituels d'un ressort dont R est le rayon et P l'étendue angulaire en radians.

Reste maintenant à passer d'un ruban cylindrique, où P est modéré, à un ressort hélicoïdal à spires nombreuses.

Pour ménager la transition, il est absolument indispensable de répondre tout d'abord à la question suivante relative au ressort circulaire de Résal.

Dans ce problème, qui sert de passage entre les approximations chronométriques et celles beaucoup moindres de la résistance des matériaux, quelle est pour une valeur donnée de P le maximum δ de la compression géométrique relative δ de la fibre moyenne ?

Problème facile, mais dont je ne saurais trop signaler l'importance.

S étant l'aire de la section transverse du ruban, dont l'épaisseur radiale

est ε, on a immédiatement $\delta \leqq \frac{F}{E.S}$, d'où, eu égard à la valeur de F, à la semi-amplitude u_0 de l'écart d'oscillation, et à la valeur de WQ :

$$\delta < \frac{1}{6}\frac{\varepsilon^2}{R^2P^2}u_0.$$

Pour fixer les idées, soient $\varepsilon = 1^{mm}$, $R = 10^{mm}$.

IV. *Transformation du problème.* — Vu la faible inclinaison des spires, acceptons la méthode de calcul de Résal pour déterminer la projection de la fibre moyenne d'un ressort hélicoïdal sur un plan transverse et cherchons, pour une semi-amplitude u_0, la valeur de P qui assure une compression relative de la fibre moyenne moindre que $\frac{1}{10^6}$; on aura $\frac{1}{6}\frac{\varepsilon^2}{R^2P^2}u_0 < \frac{1}{10^6}$ et pour $u_0 = \frac{\pi}{2}$ nous trouvons ainsi, pour un spiral de Le Roy, $P = \left(2n + \frac{1}{2}\right)\pi$, puis $n > 8,36$, soit P = 9 tours et quart.

Or mes doublets sinusoïdaux assurent au moment pendulaire qu'ils transmettent au balancier une régularité supérieure au millionième, dès que leur étendue angulaire P' atteint 16 tours et quart; en ce cas le rapport $\frac{P'^2}{P^2}$ est 3,12, d'où cette conséquence : l'emploi de ces doublets sinusoïdaux permet, au tiers d'un millionième près, l'emploi de la méthode de calcul de Résal.

Cette méthode nous offre donc toute sécurité pour la discussion des pressions élastiques, de leurs frottements consécutifs et de l'influence de ces frottements pour le maintien de l'isochronisme au millionième; j'ai fait connaître les résultats favorables de cette discussion, dans le cas où l'on admet l'hypothèse des techniciens.

Dans une prochaine Note je montrerai comment j'ai réussi à m'affranchir de cette hypothèse beaucoup trop spéciale, et probablement assez grossière pour les ressorts hélicoïdaux.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse totale de Lune du 14 août, observée à l'Observatoire de Ksara (Liban).* Note (1) de M. **Berloty**.

M. Esclangon (2) signale la gêne causée aux observateurs par le mauvais état du ciel à Strasbourg, au moment de l'éclipse; elle m'a suggéré

(1) Séance du 29 septembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 385

la pensée de faire part à l'Académie des observations faites à Ksara, où le ciel s'est présenté d'une manière favorable.

Nos observations comprennent la période de l'éclipse proprement dite et ont négligé la période de pénombre. Les heures sont notées en T. M. A. du deuxième fuseau oriental. Il y avait deux groupes d'observateurs; le P. Combier et moi, nous observions de la coupole de l'équatorial, en employant tour à tour l'équatorial de 20^{cm}, son chercheur de 80^{mm}, de simples jumelles et aussi l'œil nu. D'autre part, le P. Neyron, professeur de Chimie à la Faculté française de médecine de Beyrouth, se trouvant à Ksara pour quelques jours, a bien voulu nous faire profiter de son talent d'observateur précis. Assisté du F. Barrandon, il observait en plein air, sur la terrasse de l'Observatoire; ils employaient soit une lunette de 110^{mm} à vision redressée, soit des jumelles, soit l'œil nu.

Je cite d'abord des extraits des notes du P. Neyron. Afin de préciser ses observations, il a représenté le disque lunaire (en vision non renversée) par un cercle divisé en 16 secteurs, dont les extrémités radiales sont désignées par Z, 1, 2, 3; E, 4, 5, 6; N, 7, 8, 9; W, 10, 11, 12, les lettres Z, E, N, W indiquant respectivement les parties de la Lune tournées vers le zénith, l'est, le nadir et l'ouest.

$8^h53^m40^s$, échancrure de l'ombre nette en 5; — 8^h37^m, contour de de l'ombre beaucoup plus sombre que le bord du limbe; — 8^h53^m, bord du limbe brun sépia, plus clair que le reste de l'ombre, — on voit, au croisement des droites 3-7 et 1-5 une *tache brillante* à travers l'ombre, on distingue confusément les contours des mers et montagnes; — 9^h2^m, contour du limbe orangé en forme de croissant plus large entre 5 et 6, — contraste entre la luminosité du bord du limbe et du reste de l'ombre moins accentué; — 9^h10^m, l'ombre s'étend de 2 à 9, le bord du limbe opposé au contour intérieur de l'ombre est bleu ardoisé, le reste est sépia; on distingue à l'intersection des lignes 12-7 et 3-W quatre taches brillantes, voisines et en ligne droite (direction 4-10), dont deux visibles à travers l'ombre; — 9^h15^m le bord du limbe en 5 devient nettement rougeâtre sur une calotte 4-6 de largeur $\frac{1}{6}$ du diamètre lunaire; — 9^h18^m, la calotte devient orangée; — 9^h30^m, la zone claire ne s'étend plus qu'au bord en 11, le disque est divisé en deux zones, l'une grise au-dessus de E-10, le reste orangé en dessous; — 9^h33^m, mince calotte verdâtre au bord du limbe suivant 1-10; — 9^h37^m, calotte verdâtre plus étendue : $\frac{1}{6}$ du diamètre lunaire; le reste roux; — 9^h45^m, la calotte verdâtre de 3 à 9-($\frac{1}{6}$), cet aspect persiste longtemps, à l'œil nu la coloration paraît uniformément orangée rousse; — 10^h10^m,

grande inégalité de teinte, centre brun avec contour en couronne beaucoup plus clair, orangé en 5-W, sans coloration marquée mais plus lumineux à l'opposé en E-12; — 10^h45^m, la tache centrale se déplace vers W, la lunette la montre avec un contour très irrégulier; — 10^h50^m, la zone 3-E-4 s'éclaire beaucoup, le gris sombre est relégué sur une calotte large ($\frac{1}{3}$ au moins), peu étendue au bord (11-12), partie N orangée sans limites nettes; — 11^h5^m, toute la périphérie du limbe à E s'éclaire nuance vert d'eau (?), toute la calotte opposée devient rougeâtre; — 11^h10^m, fin du phénomène précédent, puis immédiatement et avec succession très rapide (1^m ou 2^m) la zone avoisinant le bord du limbe éclairé (E) est verte puis bleuâtre, tandis que *tout* le reste présente une teinte uniforme pourpre puis gris ardoisé; — 11^h15^m, trois zones parallèles : la première éclairée (bord E), la deuxième juxtaposée (largeur $\frac{1}{6}$) gris bleu, mais à peine bleutée, la troisième la plus large, gris roux; — 11^h18^m, deux zones seulement, la zone éclairée et le reste à peu près uniformément gris jaune, sauf le rebord 9-7 un peu roux; — 11^h25^m, en dehors de la partie éclairée on distingue parallèlement : une zone assez étroite bleu gris, une zone large jaune et une calotte (10-3) ($\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{5}$) pourpre; cet aspect dure très peu, 1^m environ; — 11^h28, toute l'ombre est sépia, la frange bleutée a disparu; — 11^h35^m, le liséré bleuté réapparaît incontestablement; aspect persistant à peu près jusqu'à la fin, qui survient à 12^h11^m. Les observations ont été faites à la lunette jusqu'à 10^h10^m, et ensuite avec les jumelles. Le disque complet de la Lune est resté visible à l'œil nu durant toute la totalité.

A ces observations détaillées, les observations que nous avons faites, le P. Combier et moi, n'ajoutent que peu de chose. Tous nous avons remarqué la grande luminosité de la partie éclipsée, et, distingué, sans erreur possible, la tache blanche très nette au milieu de l'ombre. L'entrée dans l'ombre a été notée $8^h31^m29^s$, teinte sombre, grise, à bord peu net; — 8^h41^m, ombre gris bleu, très peu sombre, le bord éclipsé de la Lune reste très net; — 9^h15^m, coloration rouge brique pâle très nette; — 9^h18^m, calotte orangée à la partie qui a mordu, irradiation de la partie brillante très nette; — 9^h45^m, la coloration orangée est de plus en plus belle, mais s'assombrit; — 10^h22^m, la calotte rouge sombre paraît entourée d'une bande plus claire et plus étroite du côté du début de l'éclipse; pendant la totalité, le ciel est resplendissant; — vers $11^h9^m39^s$ un filet blanc semble apparaître au bord NE; le bord de l'ombre est redevenu gris bleu, la calotte rouge s'éloigne vers SW, l'irradiation reparaît; — 11^h30^m, près de la partie illuminée, l'ombre devient bleue, le reste tourne au jaune clair; — 11^h45^m, le liséré bleu très apparent,

peu large, disparaît brusquement; — $11^h 54^m$, teinte uniformément bleue avec une très petite calotte gris verdâtre; sortie de l'ombre $12^h 9^m 9^s$.

Pendant l'éclipse, plusieurs étoiles ont été occultées et l'on a remarqué qu'elles se projetaient en apparence sur le disque lunaire au moment de leur disparition.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les grands bassins artésiens des États-Unis.* Note [1] de M. **Édouard Imbeaux.**

Je suis depuis longtemps avec le plus vif intérêt, en ce qui regarde l'hydrogéologie, l'œuvre colossale que le Geological Survey U.S. accomplit. Grâce aux milliers de puits et forages faits pour trouver l'eau, le gaz, le pétrole, la houille et les minerais, le Geological Survey a pu établir et publier à ce jour 520 *Water-Supply papers*, 747 *Bulletins*, 132 *Professional papers* (sans compter les *Annual Reports*, les feuilles descriptives du Geological Atlas et les travaux des groupements et des savants isolés pour chaque État). De ces documents, notamment des premiers, on peut déduire déjà une vue d'ensemble sur la situation des eaux souterraines, leur abondance, pression, qualité, etc., dans les différentes régions : c'est ce que O.-E. Meinzer est en train de faire dans un ouvrage en 6 parties, dont la première (*Occurrence of ground waters in United States*) vient de paraître. C'est déjà un résumé très serré, et il me faut ici le résumer encore bien plus.

Comme en Europe (bassin anglo-parisien, bassins de la plaine hongroise, de la plaine du Pô, etc.), les grands bassins artésiens aux États-Unis se trouvent dans les vastes cuvettes comprises entre les blocs archéens surélevés (*éléments positifs* de Bailey Willis) [2] et correspondent par suite aux *éléments négatifs* : les couches aquifères, redressées le long des flancs des massifs surélevés et y ayant leurs affleurements alimentaires, s'inclinent d'ordinaire vers le fond des cuvettes, et l'eau s'y met en pression entre les couches imperméables sus et sous-jacentes [3]. Il y a souvent plusieurs nappes superposées, chacune ayant son allure propre (*courbes isopiézomé-*

---

[1] Séance du 29 septembre 1924.

[2] *A theory of continental structure applied to North-America* (*Bulletin of Geol. Society of America*, vol. 18, 1907).

[3] La pression va généralement en diminuant (elle s'use) quand on s'éloigne des affleurements alimentaires.

triques ou *isopotentielles*), et s'il y a lieu sa zone de jaillissement (là où le niveau piézométrique est plus élevé que la surface du sol).

Les éléments positifs étant :

Au Nord-Est, la *Laurentia*, gneiss et granit du *bouclier canadien* ;

A l'Est et Sud-Est, l'*Appalachia*, granit et roches intrusives ;

Au Centre, les *Montagnes Rocheuses* : du côté Est, chaînes granitiques des Bighorn M^ains^, Laramie range, Front range, Sangre de Cristo range, avec prolongements sous le plateau du Colorado et les déserts de l'Arizona et du sud de la Californie et plus loin encore dans l'isthme de Tehuantepec (*élément mexicain*) ;

Enfin au Nord-Ouest, l'*élément Pacifique*, se prolongeant jusque dans l'Yukon vers le Nord : il est souvent recouvert par les roches intrusives (granodiorite) et volcaniques (d'âge miocène) dans la Sierra Nevada et une grande partie des États d'Oregon, Idaho et Washington.

Entre ces éléments positifs, les éléments négatifs seront :

A l'Est, entre les Appalaches et la mer (plaine côtière) ;

Au Centre, les grandes plaines entre la Laurentia au Nord, les Appalaches à l'Est et les Montagnes Rocheuses à l'Ouest ;

Au Nord-Ouest, la Prairie (étendue surtout au Canada) entre la Laurentia et l'élément Pacifique ;

Enfin à l'Ouest, le grand bassin de l'Utah, et plus au Sud les déserts du Far West.

La petite carte ci-après donne une idée de ces subdivisions et de la géologie des États-Unis : on se reportera, pour plus de détails à la belle carte géologique à $\frac{1}{5000000}$ (édition 1911), publiée par le Geological Survey U. S. pour l'Amérique du Nord.

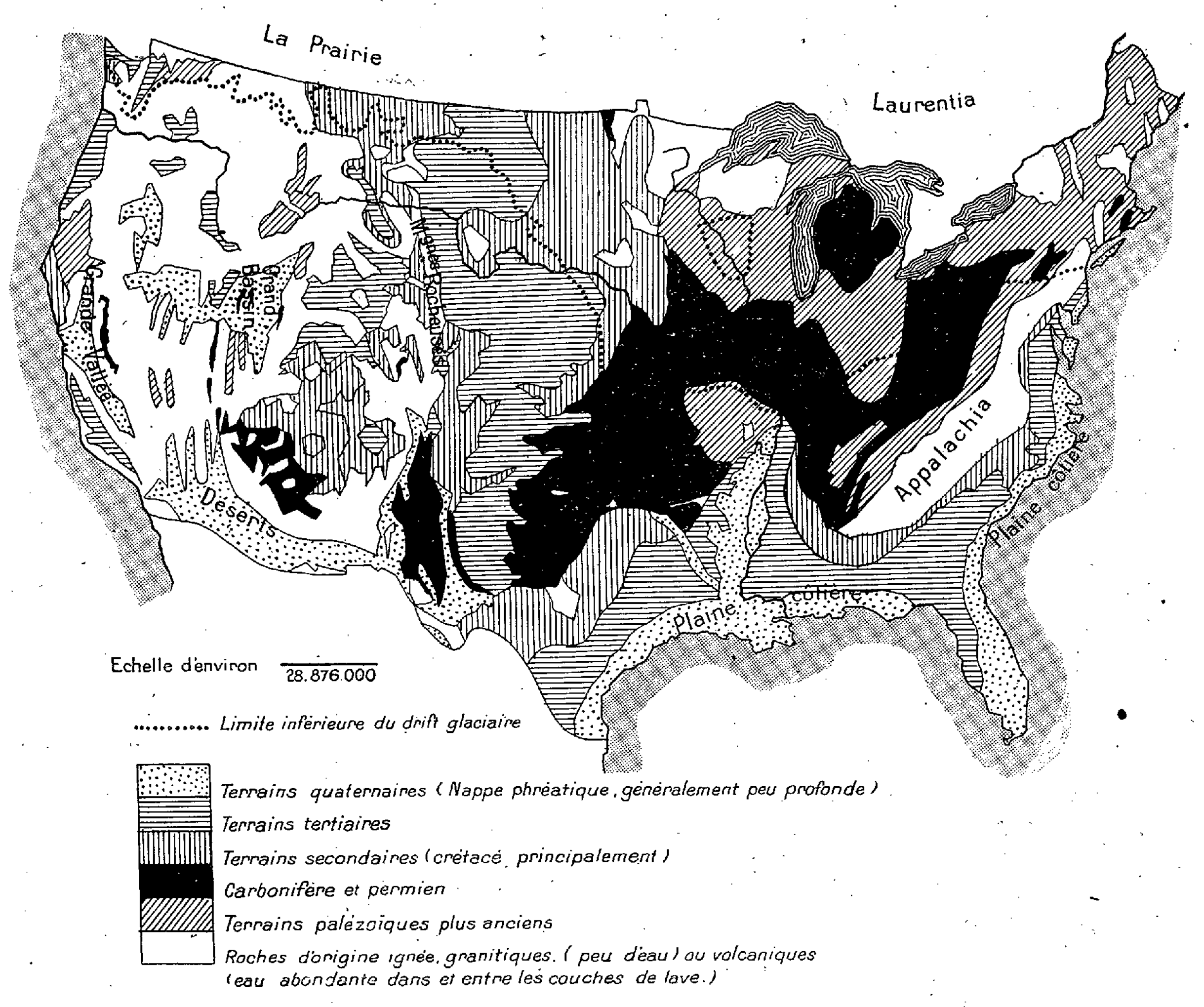
Mais les terrains sédimentaires sont souvent recouverts d'un manteau de terrains quaternaires, qui contiennent de l'eau généralement à faible profondeur. Nous devons en dire un mot au préalable :

Eau des terrains quaternaires. — En outre des alluvions des bords de la mer (plaine côtière), il faut distinguer :

a. Les dépôts d'origine glaciaire, produits des cinq glaciations successives qui se sont étendues sur le nord des États-Unis jusqu'à une ligne figurée à la petite carte ci-après. Ce sont le *till* et le *drift stratifié*, alternances de couches de sable et gravier aquifères et de couches argileuses : l'eau est abondante dans les premières et devient parfois artésienne sous les secondes.

b. Les dépôts d'origine lacustre. Ils occupent les grandes étendues des

anciens lacs, — lacs du Centre-Orégon (¹) (dans les roches volcaniques) et lacs Bonneville et Lahontan (²) du grand bassin de l'Utah, — et contiennent aussi de l'eau (souvent salée) dans les couches sableuses et grave-



leuses alternant avec des couches argileuses : cette eau devient généralement artésienne dans les fonds des dépressions.

c. Les dépôts d'origine fluviale. A des périodes beaucoup plus pluvieuses

(¹) Les lacs actuels Malheur, Harney, Silver, Warner, Alkali, Abert, Summer, Goose, Rhett, Klamath et une foule de plus petits en sont les résidus.

(²) Le Grand Lac Salé, le Petit Lac Salé, les lacs d'Utah, Sevier, Blue Lake, le Carson Sink, les lacs Humboldt, Pyramid, Honey, Walcker, etc., en sont les résidus.

qu'aujourd'hui, les fleuves ont entraîné d'importantes masses de débris rocheux, graviers, sables, dans le fond des vallées, telles que la *Grande Vallée de Californie* (vallées du Sacramento et du San-Joaquin), les vallées des *Basin ranges* (Utah et Nevada), les grandes surfaces désertiques du Sud-Ouest : Mohave désert, Colorado désert, Gila désert, Owens Valley, Death Valley), enfin les vallées du Colorado, de la Gila et de ses affluents, du Rio Grande, du Pecos, etc. Les couches de remplissage (*valley fill*) contiennent généralement de l'eau, surtout à leur partie inférieure (au contact avec la roche encaissante), et cette eau est souvent artésienne dans les parties basses (au voisinage des lacs desséchés, *flats* ou *playas*) : on doit donc y essayer des forages, mais souvent l'eau est chargée de sel ou d'alcali.

ZOOLOGIE. — *L'immigration des larves d'Anguille, dans la Méditerranée, par le détroit de Gibraltar.* Note (¹) de M. **Johs Schmidt.**

En 1921 et 1922, j'ai accompli sur le navire *Dana*, appartenant à la Commission danoise pour l'Exploration de la Mer, une expédition océanographique qui s'est étendue sur toute la largeur de l'Atlantique. Au début de cette croisière, vers le 1^{er} octobre 1921, je poursuivis pendant quelques semaines des recherches de part et d'autre du détroit de Gibraltar. Mes recherches biologiques eurent principalement pour objet l'étude de la faune pélagique.

Dans chaque station nous mîmes simultanément à la traîne généralement cinq grands filets horizontaux échelonnés à des profondeurs différentes. Le nombre des stations s'élève à 26, se répartissant sur trois zones : 1° le golfe d'Espagne, à l'ouest de Gibraltar; 2° la mer, au sud de la côte ibérique, entre Gibraltar et Oran; 3° la Méditerranée, entre Oran et Alger (voir *fig.* 1).

Dans ces 26 stations, nous récoltâmes de 3000 à 4000 larves d'Apodes appartenant à 21 ou 22 espèces. Plusieurs de ces espèces ne se rencontraient que dans l'Atlantique à l'ouest de Gibraltar (zone I), d'autres uniquement en Méditerranée (zones II et III), tandis que d'autres enfin étaient communes à toute la région explorée. Dans cette Note je ne m'occuperai que des espèces appartenant à cette dernière catégorie.

(¹) Séance du 13 octobre 1924.

Les larves en question ont été recueillies dans les couches superficielles, principalement dans celles comprises entre 0 et 100^m de profondeur, par suite dans des nappes, dont la direction générale est de l'ouest à l'est, c'est-à-dire, de l'Atlantique à la Méditerranée, par le détroit de Gibraltar.

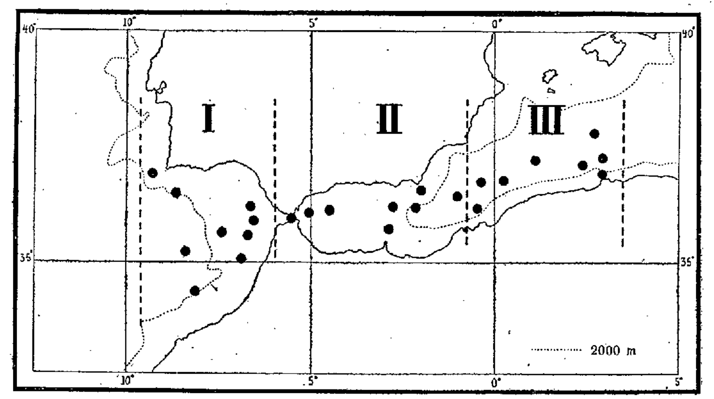


Fig. 1. — Les stations du Dana.

Dans ces conditions, on devrait s'attendre à ce que les larves pélagiques de l'Atlantique soient entraînées dans la Méditerranée; par conséquent, étant donnée la croissance constante des larves, on devrait, semble-t-il, rencontrer les exemplaires les plus grands, par suite les plus âgés dans la zone orientale (zone III), et les plus petits, par suite les plus jeunes, dans la zone occidentale (zone I).

Or, sauf pour une seule espèce, il n'en est pas ainsi.

La figure 2 résume, sous une forme graphique, les récoltes de larves du Congre (*Conger vulgaris*) effectuées dans les trois zones considérées. Chaque trait représente un exemplaire, et sa longueur la taille de cet exemplaire en millimètres, suivant l'échelle portée sur les ordonnées. L'examen de cette figure montre que les larves les plus grandes ont été rencontrées dans la zone ouest (zone I) — leur taille moyenne s'élève en moyenne à 46^{mm} environ — et les plus petites dans la zone est (zone III) — leur taille moyenne dans cette zone est d'environ 25^{mm}.

Il est donc impossible que ces dernières larves aient été introduites en Méditerranée à travers le détroit par le courant venant de l'Atlantique. Si un tel transport se produisait, la distribution des larves en fonction de la taille serait inverse. Cette distribution prouve, au contraire, que l'on se trouve en présence de deux populations de Congres, l'une atlantique, qui fraie plus tôt ou qui, peut-être, a une croissance plus rapide, l'autre méditerranéenne, qui fraie plus tard.

Si j'ai pris pour exemple le Congre, c'est que, dans nos collections, cette espèce est la plus abondante, par suite qu'elle peut conduire à des conclusions biologiques plus certaines. Mais toutes les autres espèces communes aux deux zones, atlantique et méditerranéenne, paraissent présenter la même particularité dans leur distribution.

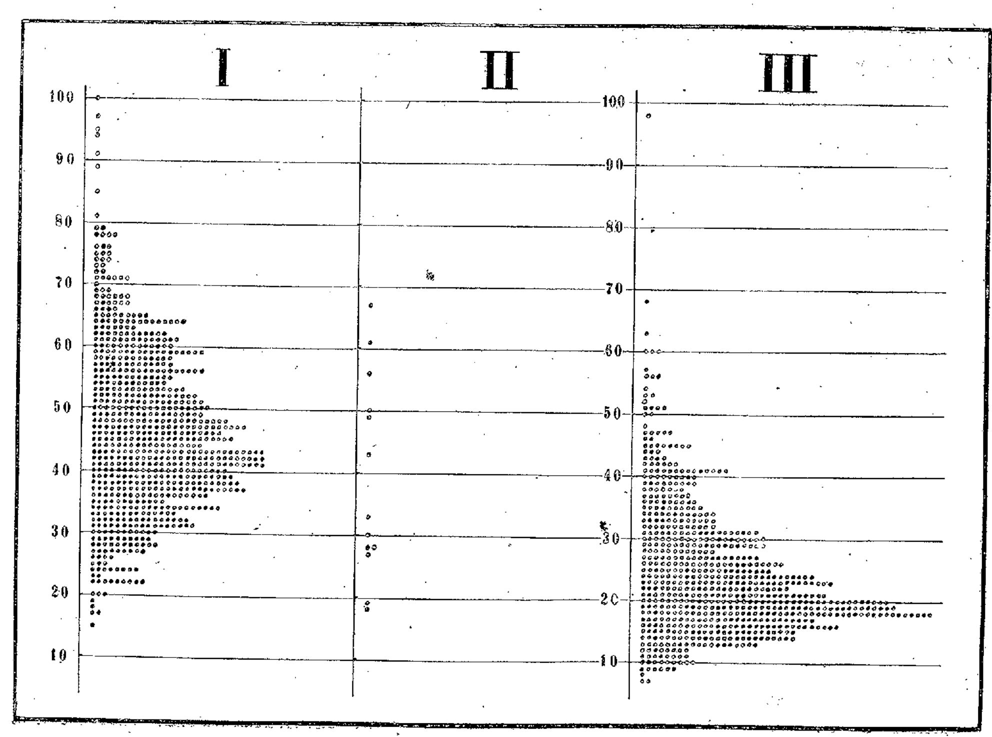


Fig. 2. — Larves du Congre.

Une exception remarquable s'observe cependant, ainsi que je l'ai annoncé plus haut. Elle concerne l'Anguille (*Anguilla vulgaris*). Nous capturâmes des larves de cet Apode *Leptocephalus brevirostris*, de 1300 à 1400, dans les mêmes coups de filets qui rapportèrent des larves du Congre.

Comme le montre la figure 3, nous en avons, en effet, observé dans les trois zones; bien plus, nous en avons récolté, en abondance, dans le détroit même, et leur taille allait en croissant régulièrement d'ouest en est. Leur longueur était de $62^{mm},6$ dans la zone I, de $66^{mm},5$ dans la zone II, de $69^{mm},1$ dans la zone III (1).

(1) Comparez en outre (*fig.* 3) les exemplaires provenant de Madère encore plus petits que ceux récoltés dans la zone I. En moyenne leur taille était de 55^{mm}.

Il était donc clair que ces larves accomplissaient leur migration vers l'est, c'est-à-dire se mouvaient de l'Atlantique vers la Méditerranée lorsque les filets des naturalistes du *Dana* tranchèrent leur existence.

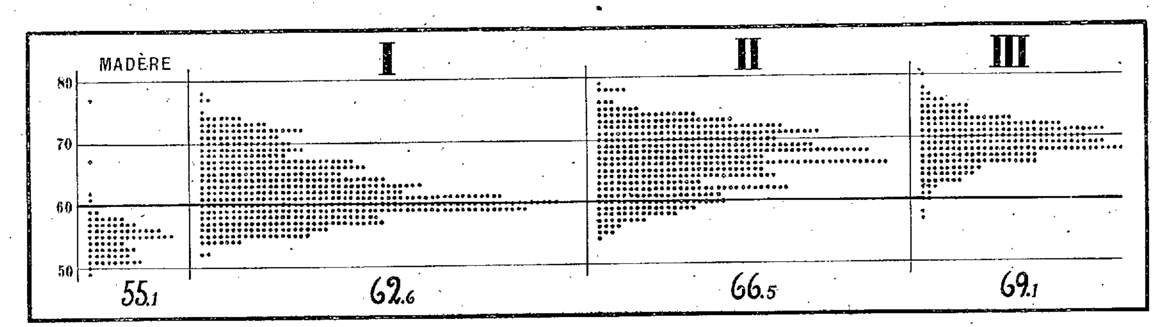


Fig. 3. — Larves de l'Anguille.

De l'ensemble des observations exécutées dans les 26 stations du *Dana* il ressort principalement que l'Anguille se distingue des autres Apodes en ce que ses larves sont les seules qui passent en abondance le détroit de Gibraltar pour entrer en Méditerranée.

Ce résultat concorde avec celui auquel j'étais déjà arrivé à la suite de mes précédentes croisières en Méditerranée de 1908 à 1910 à bord du *Thor* et dans l'Atlantique central et occidental de 1911 à 1921 (1) avec d'autres navires. Bref, ma conclusion se résume ainsi :

L'Anguille fraie exclusivement dans une région limitée de l'Atlantique occidental, voisine des Antilles. Là, nos filets pélagiques ont recueilli facilement et en quantité ses larves toutes jeunes, longues de 6^{mm} à 25^{mm}. Au cours de leur voyage à travers l'Océan, elles grandissent; par suite, dans l'Atlantique oriental et en Méditerranée, on n'en trouve plus que des exemplaires relativement âgés, dont la taille dépasse 50^{mm} (voir *fig*. 3).

Le Congre et les autres Apodes, communs à l'Atlantique et à la Méditerranée, se comportent différemment. Toutes ces espèces fraient à l'est comme à l'ouest du détroit de Gibraltar.

Ainsi s'explique que les expéditions du *Thor* et du *Dana* aient recueilli en abondance, dans la Méditerranée, leurs larves toutes jeunes.

(1) Les résultats détaillés de ces campagnes se trouvent exposés dans Johs Schmidt, *Danish Researches in the Atlantic and Mediterranean on the Live-History of the Fresh Water Eel* (Anguilla vulgaris) (*Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie*, 1912 ; *The Breeding Places of the Eel* (*Phil. Transactions of the Royal Society of London*, vol. 211, B. 385, 1922; *Breeding Places and Migration of the Eel* (*Nature*, London, Jan. 13, 1923, *The Transatlantic Migration of the Eel-Larvæ* (*Nature*, London, Jan. 5, 1924).

En terminant, qu'il me soit permis de remercier mes collaborateurs, MM. P. Jespersen et A.-V. Taaning, de l'utile concours qu'il m'ont prêté dans l'étude des collections recueillies.

M. **Vito Volterra** présente de sa part et de la part de M. **Joseph Pérès** le volume faisant partie de la Collection de M. Borel qu'ils viennent de publier : *Leçons sur la composition et les fonctions permutables*. Les théories développées dans cet ouvrage avaient déjà été abordées dans deux volumes, précédemment parus, de la même Collection. En effet, M. Volterra remarque que, pour résoudre les problèmes qui se présentent dans la théorie des équations intégrales linéaires, il avait introduit l'opération de composition, démontré que les puissances de composition du noyau d'une équation intégrale sont des fonctions permutables et construit le noyau résolvant, qui apparaît comme une fonction de composition. Les trois concepts d'*opération de composition*, de *permutabilité* et de *fonctions de composition* sont étudiés dans ces leçons d'une manière générale, en les dégageant des recherches auxquelles ils avaient servi d'auxiliaire.

On retrouve en raccourci, dans le domaine de la composition, l'évolution des concepts de l'analyse ordinaire : passage des puissances entières aux puissances fractionnaires et négatives, aux logarithmes, aux fonctions générales et aux procédés infinitésimaux.

Ce volume contient, outre les nouvelles recherches de M. Volterra, les recherches originales de M. Pérès, parmi lesquelles celles sur la détermination des fonctions permutables avec les fonctions analytiques, la réduction des éléments formels qui se présentent dans la théorie et la détermination des transformateurs conservant la composition qui étend et simplifie beaucoup de résultats.

ÉLECTIONS.

A la majorité absolue des suffrages, M. **H. Deslandres** est élu membre de la Section scientifique de l'Office national météorologique, en remplacement de M. *Jules Violle*, décédé.

PLIS CACHETÉS.

M. **Jules-François Cœuille** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 13 octobre 1924 et inscrit sous le n° 9420.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée : *Recherches sur le transport des matières dans l'arc électrique*.

(Renvoi à l'examen de la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jousset de Bellesme. *Études préhistoriques sur la province du Perche*. (Présenté par M. H. Douvillé.)

2° Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LXVIII : *Étude des huiles d'animaux marins provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco* (1897-1913), par Henri Marcelet. (Présenté par M. L. Joubin.)

M. **B. Jekhowsky** adresse un Rapport sur les travaux qu'il a exécutés à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1923.

L'Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines adresse deux rapports, l'un de M. **Marcel Laffargue**, l'autre de M. **Charles de la Condamine**, sur les travaux exécutés à l'aide de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1922.

M. **Léon Guillet** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *H. de Chardonnet*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement d'un solide pesant qui a un point fixe (Détermination du groupe de rationalité de l'équation différentielle du problème).* Note de M. **Jules Drach.**

I. Le problème du mouvement d'un solide pesant qui a un point fixe se résout par des quadratures (elliptiques ou hyperelliptiques) dans les cas bien connus, dits d'Euler et Poinsot, de Lagrange et Poisson et de M^me^ Kowalewski, où il admet en dehors des trois intégrales algébriques classiques une nouvelle intégrale première algébrique.

Quel est le degré de difficulté du problème général? En d'autres termes, quel est le *groupe de rationalité* de l'équation différentielle du second ordre à laquelle il se ramène?

Observons que les moments principaux d'inertie A, B, C relatifs au point fixe ne sont pas nuls et faisons, dans les équations classiques, la substitution

$$\mathrm{A}p \sim p, \qquad \ldots, \qquad \mathrm{A} \sim \frac{1}{a}, \qquad \ldots,$$

nous obtiendrons, en multipliant par une constante convenable les cosinus directeurs x, y, z de la verticale par rapport aux axes principaux d'inertie au point fixe, le système (I)

$$\text{(I)} \qquad \left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{dp}{dt} = (b-c)qr + \eta z - \zeta y, & \dfrac{dx}{dt} = cry - bqz, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{array} \right.$$

dont nous connaissons les intégrales :

$$x^2 + y^2 + z^2 = l^2 (l = 1 \text{ ou } 0); \qquad px + qy + rz = k,$$
$$ap^2 + bq^2 + cr^2 - 2(\xi x + \eta y + \zeta z) = 2h.$$

Si Δ désigne le déterminant fonctionnel de l^2, k, h en x, y, z, Δ^2 est un polynome du sixième degré en p, q, r et x, y, z sont rationnels en p, q, r, Δ. Le système (I) se ramène donc à une équation

$$\text{(II)} \qquad \mathrm{U}(f) = \mathrm{A}\frac{\partial f}{\partial p} + \mathrm{B}\frac{\partial f}{\partial q} + \mathrm{C}\frac{\partial f}{\partial r} = 0,$$

où A, B, C sont respectivement les quantités $\frac{dp}{dt}$, $\frac{dq}{dt}$, $\frac{dr}{dt}$ exprimées en p, q, r; le temps t sera donné par une quadrature ultérieure.

L'équation (II) possède un multiplicateur de Jacobi rationnel en p, q,

r, Δ; son groupe de rationalité (G) relatif aux solutions fondamentales φ, ψ est le groupe infini (Γ), défini par l'équation $\frac{\partial(\Phi, \Psi)}{\partial(\varphi, \psi)} = 1$, ou l'un de ses sous-groupes types.

Il s'agit de décider si (G) est *imprimitif*, auquel cas il existe une autre équation linéaire formant avec (II) un système complet et dont les coefficients sont rationnels ou quadratiques dans le domaine (p, q, r, Δ), et sinon, si le groupe primitif (G) n'est pas le groupe linéaire spécial.

II. Remplaçons dans (I) r, p, y par εr, εp, εy et η par $\varepsilon^2 \eta$ où ε est un paramètre. Les expressions $\frac{dp}{dt}, \ldots, \frac{dx}{dt}, \ldots$ seront du premier et du second degré en ε et lorsqu'on fait tendre ε vers zéro on obtient un *système réduit* (III) :

$$\text{(III)} \quad \left\{ \begin{array}{ll} \frac{dp}{dt} = (b-c)qr - \zeta y, & \frac{dx}{dt} = -bqz, \\ \frac{dq}{dt} = \zeta x - \xi z, & \frac{dy}{dt} = apz - crx, \\ \frac{dr}{dt} = (a-b)pq + \xi y, & \frac{dz}{dt} = bqx, \end{array} \right.$$

qui admet les intégrales premières :

$$x^2 + z^2 = l^2, \qquad bq^2 - 2(\xi x + \zeta z) = 2h, \qquad px + qy + rz = k.$$

On voit que x et z s'expriment en fonction de q^2, y est alors linéaire en p et r. Le système (III) donne pour $\frac{dp}{dq}, \frac{dr}{dq}$ des fonctions *linéaires* de p et r. Les deux intégrales de ce système sont donc définies à un *groupe linéaire* près ; ce groupe linéaire est-il primitif ?

J'ai observé que si l'on fait $l^2 = 0$, c'est-à-dire si l'on étudie certaines solutions de (III) qui existent normalement, on peut ramener le système (III) à l'*équation hypergéométrique de Gauss* et à des quadratures. Il suffit de poser :

$$q^2 = \frac{2h}{b} u, \qquad r + ip = u(1-u)^{\nu} Z \quad \text{avec} \quad \nu = -\sqrt{\left(1 - \frac{c}{b}\right)\left(1 - \frac{a}{b}\right)}$$

pour obtenir la forme classique :

$$u(1-u)\frac{d^2 Z}{du^2} + [\gamma - (\alpha + \beta + 1)u]\frac{dZ}{du} - \alpha\beta Z = 0,$$

avec

$$\gamma = \frac{3}{2}, \qquad \alpha + \beta = \frac{3}{2} - 2\sqrt{\left(1 - \frac{c}{b}\right)\left(1 - \frac{a}{b}\right)}, \qquad \alpha - \beta = -2\sqrt{\frac{1}{4} + P},$$

où

$$P = \left(1 - \frac{c}{b}\right)\left(1 - \frac{a}{b}\right) + \frac{\xi\left(1 - \frac{c}{b}\right) + \zeta\left(1 - \frac{a}{b}\right)}{2(\zeta + i\xi)}.$$

Les constantes h, k n'y figurent plus.

Le système linéaire (III) a donc pour groupe de rationalité le groupe linéaire spécial et le *groupe* (G) *est primitif*, comme ce dernier.

III. Pour savoir si le groupe (G) est le groupe infini (Γ) ou le groupe linéaire spécial, il suffit d'étudier le cas d'Euler et Poinsot. Dans ce cas où il existe une intégrale rationnelle φ, le groupe de rationalité a la forme

$$\Phi = \varphi, \qquad \Psi = \psi + F(\varphi),$$

la dernière intégrale ψ étant donnée par une quadrature elliptique; $F(\varphi)$ est la période d'une telle intégrale envisagée comme fonction du module. *Un tel groupe n'est pas semblable à un groupe linéaire.*

Le groupe de rationalité (G) *de* (I) *est donc le groupe infini* (Γ).

Il convient d'ajouter que tous les cas de réduction de l'équation de Gauss sont, en une certaine mesure, des cas de réduction pour (III) et (I). On aura donc à étudier dans ces différents cas la réduction possible pour (I) en développant les intégrales suivant les puissances de ε. Ce sera l'objet d'un travail plus étendu, publié ailleurs. On remarquera que le système réduit (III) contient toutes les constantes du problème, sauf η qui est nul.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions uniformes définies par l'inversion de différentielles totales algébriques.* Note (¹) de M. RENÉ GARNIER.

Dans des Notes antérieures (²) j'ai énuméré tous les cas d'intégration uniforme d'un système différentiel automorphe du quatrième ordre à deux variables indépendantes. Ce problème (problème B_2) était la généralisation du suivant :

PROBLÈME A_2. — *Déterminer toutes les surfaces algébriques* $F(x, y, z) = 0$ *telles que les fonctions* x, y, z *définies par l'intégration du système*

$$du = P\,dx + Q\,dy, \qquad dv = R\,dx + S\,dy \tag{1}$$

(P, Q, R, S, rationnels en x, y, z) *soient uniformes en* u *et* v. Pour la réso-

(¹) Séance du 13 octobre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1363, 1525 et 1689.

lution de B_2 j'avais dû m'appuyer, à diverses reprises, sur la solution de A_2. Or, jusqu'ici, la solution du problème A_2 n'avait été développée explicitement que dans le cas particulier où l'on suppose que l'intégrale de (1) dépend *algebriquement* des constantes arbitraires [1]; quant au cas général, M. Painlevé en a indiqué la solution [2], mais sans publier aucun détail sur la méthode qu'il a employée.

Dans cette Note, je voudrais montrer comment on peut résoudre le problème A_2; je donnerai, notamment, l'énumération explicite des surfaces F.

1. Tout d'abord *les cinq théorèmes généraux que j'ai énoncés pour* B_2 *peuvent être étendus au problème actuel.* Ainsi :

Théorème I. — *Si une courbe algébrique* Γ *est une ligne de niveau (par exemple une courbe polaire) pour* u *(ou* v*) le genre* Γ *ne peut dépasser l'unité.*

Théorème II. — *Si le déterminant* PS-QR *s'annule le long d'une courbe* Γ *de* F, Γ *est nécessairement une ligne de niveau pour* u *et* v.

Théorème III. — *Le genre géométrique* p_g *de* F *ne peut dépasser l'unité.*

Théorème IV. — *Toute composante d'une courbe canonique (éventuelle) de* F *est de genre* $\leqq 1$.

Théorème V. — *Si l'on a* $p_g = 1$, *il existe au moins une combinaison linéaire* $au + bv$ *qui est pour* F *une intégrale de Picard de première espèce.*

Dans le cas où $p_g = 1$, le théorème V combiné avec une discussion analogue à celle que j'ai employée pour B_2 montre qu'il n'y a que deux cas possibles :

a. Ou bien F est une *surface hyperelliptiqae de Picard de modules quelconques;* dans ce cas u et v sont nécessairement des intégrales de première espèce et $x(u, v)$, $y(u, v)$, $z(u, v)$ sont des fonctions hyperelliptiques ;

b. Ou bien F est une *surface hyperelliptique de Picard du type elliptique ;* dans ce cas le système se ramène à la forme

$$du = dw, \qquad dv = f(w_1)\, dw_1 + dw_2,$$

dw_1 et dw_2 étant les deux différentielles de première espèce de F.

2. Abordons le cas $p_g = 0$. Si F est régulière, u et v se réduisent à des combinaisons algébrico-logarithmiques. La méthode que j'ai employée repose précisément sur l'étude des lignes logarithmiques ; je montre d'abord que moyennant une transformation birationnelle on peut toujours

---

[1] E. Picard, *Journ. de Math.*, 4ᵉ série, t. 5, 1889, p. 223. — P. Painlevé, *Leçons de Stockholm*, p. 288; *Acta math.*, t. 27, 1903, p. 1.

[2] *Comptes rendus*, t. **122**, 1896, p. 660; *Acta*, t. 27, 1903, p. 48.

supposer que *le nombre de ces lignes* (à distance finie) *ne dépasse pas* 2. Le système peut être réduit alors à l'une des formes

$$u = r(x, y, z) + \text{Log}\, x, \quad v = s(x, y, z) + \text{Log}\, y \quad (r, s, \text{ rationnelles}),$$
$$u = r(x, y, z) + a \text{ Log}\, x + b \text{ Log}\, y, \quad v = s(x, y, z).$$

L'étude de la seconde est immédiate. Bornons-nous à la première. On établit d'abord que toutes les courbes polaires de u et v sont de la forme $x^\alpha y^\beta =$ const.; puis, en étudiant le domaine d'un point d'intersection de ces courbes, on montre que le système est de la forme

$$u = a(y) + \text{Log}\, x, \quad v = b(x) + \text{Log}\, y \quad (a, b, \text{ fonctions algébriques}).$$

L'uniformité de x et y exige alors (théorème II) $a'(y)b'(x) \equiv 0$ et l'on aboutit ainsi au résultat suivant :

Pour $p_g = 0 = p_a$, la surface F doit être *rationnelle;* une transformation birationnelle sur x, y, z et une transformation linéaire sur u et v ramènent F au plan $z = 0$ et le système à l'un des types

$$\begin{cases} u = x, \\ v = y; \end{cases} \quad \begin{cases} u = r(y) + \text{Log}\, x, \\ v = y; \end{cases} \quad \begin{cases} u = r(y) + \text{Log}\, x, \\ v = \text{Log}\, y \end{cases}$$

[$r(y)$, fonction rationnelle].

3. Soit enfin $p_g = 0$, $p_a < 0$. Je montre d'abord que $p_a = -1$: F est donc un *cylindre elliptique* ($x = \wp w$, $y = \wp' w$) ou une *surface elliptique*. Dans le premier cas une transformation algébrique T permet de supposer qu'au voisinage d'une courbe logarithmique de genre 1 (soit $z = 0$), on a

$$u = z^{-m} + c_{m-1} z^{-m+1} + \ldots + c_1 z^{-1} + h \text{ Log}\, z + \int \varphi(w)\, dw + w + \ldots,$$
$$v = z^{-n} \qquad\qquad + k \text{ Log}\, z + \int \psi(w)\, dw + \ldots,$$

φ et ψ étant des fonctions elliptiques dont les intégrales ne peuvent contenir aucun terme logarithmique (ni en $\wp w$). La discussion de cette condition montre que si $m \neq 0$ les courbes polaires sont de la forme $z =$ const.; le système se réduit à

$$du = dw + r(z)\, dz, \quad dv = s(z)\, dz \tag{2}$$

[$r(z)$, rationnelle; $s(z) = 1$ ou z^{-1}]. Pour $m = 0$ on trouve le système

$$du = dw, \quad dv = s(z)\, dz + \varphi(w)\, dw \quad (s = 1 \text{ ou } z^{-1}).$$

De ces systèmes *on peut en déduire une infinité d'autres par des opéra-*

tions algébriques T^{-1}. Bornons-nous à l'un des plus simples :

$$u = 2\,\mathrm{Log}\,z - \mathrm{Log}\,(x - e_1) + w, \qquad v = (x - e_1)z^{-2}; \qquad x = p\,(w \mid \omega, \omega'),$$
$$y = p'w\,[e_1 = p\omega; \qquad 2\pi i = 2m\,\omega + (4n + 2)\,\omega'].$$

Si on lui associe le système réduit

$$u = -2\,\mathrm{Log}\,Z + W, \quad v = Z; \qquad X = p(W \mid \omega, 2\omega'), \qquad Y = p'(W \mid \omega, 2\omega'),$$

les points des deux cylindres (x, y, z) et $X, Y, Z)$ qui correspondent au même couple (u, v) *sont liés par une transformation biuniforme, semi-transcendante* au sens de M. Painlevé et qui ne conserve pas les intégrales de première espèce.

4. Je dois me limiter à une rapide indication pour les surfaces elliptiques de genre $p_g = 0$. Le système doit être de la forme (2), w désignant l'intégrale simple de première espèce de F et les courbes $z =$ const. constituant le faisceau de courbes elliptiques équimodulaires. Il est bien remarquable qu'on puisse considérer un même système *comme attaché à une surface elliptique ou à un cylindre elliptique :* l'irrationalité de la surface elliptique y est masquée par un phénomène exactement analogue à celui que j'ai signalé antérieurement pour les simplifiées des équations du troisième ordre [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Compléments aux théorèmes de Picard-Borel.* Note [2] de M. G. VALIRON, présentée par M. Émile Borel.

On sait que M. Borel a apporté au théorème de M. Picard des compléments de la forme suivante : la fonction entière $f(z)$ étant donnée et les fonctions entières $f_1(z)$ et $f_2(z)$ quelconques, mais d'ordre inférieur à celui de $f(z)$, parmi les fonctions de l'ensemble

$$f_1(z)f(z) + f_2(z),$$

il y en a une au plus dont la distribution des modules des zéros est exceptionnelle. Il suffit d'ailleurs de démontrer la proposition pour $f_1(z) \equiv 1$ pour en déduire qu'elle est générale.

1. *On peut apporter des compléments analogues aux propositions précises*

---

(1) *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, t. 29, 1912, p. 22, 28 et 30.

(2) Séance du 13 octobre 1924.

qui ont été données récemment par moi-même puis par M. R. Nevanlinna [1].

Ma méthode s'étend d'elle-même, je m'occuperai donc uniquement de celle de M. Nevanlinna qui conduit d'ailleurs aux résultats les plus complets.

M. Nevanlinna utilise l'identité

$$\frac{f}{f-1} \equiv \frac{f}{f'} \frac{f'}{f-1}$$

qui est l'une de celles employées par M. Borel dans la démonstration du théorème rappelé plus haut [2]. Si l'on considère deux fonctions f et g, on écrira l'identité employée ailleurs par M. Borel [3]

$$f \equiv \frac{(f'-g') - \frac{g'}{g}(f-g)}{\frac{f'}{f} - \frac{g'}{g}}$$

ou une identité analogue où les dérivées premières sont remplacées par les dérivées d'ordre q, et l'on conduira les démonstrations comme M. Nevanlinna. Par exemple, $f(z)$ étant d'ordre fini, $M(r)$ le maximum de son module pour $|z| = r$, $M_1(r)$ celui de $(f-g)$ et $k > 1$, si l'on suppose que le rapport

$$\frac{\log M_1(r)}{\log M\left(\frac{r}{k}\right)}$$

tend vers o lorsque r croît indéfiniment, on trouve que tous les résultats énoncés par M. Nevanlinna dans le cas où $f - g$ était constant sont encore valables.

On a des compléments analogues pour les propriétés des fonctions holomorphes dans un cercle [4].

2. M. Nevanlinna, dans les *Göttinger Nachrichten* (1924), a montré que sa méthode donnait non seulement le théorème de M. Picard, mais aussi

---

(1) R. Nevanlinna, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 389; *Untersuchungen über den Picard'schen Satz* (*Acta Soc. sc. Fennicæ*, t. 50, n° 6, 1924). — G. Valiron, *Recherches sur le théorème de M. Picard dans la théorie des fonctions entières* (*Annales de l'École Norm.*, t. 39, 1922, p. 317); *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1054.

(2) *Acta math.*, t, 20, 1897, p. 385.

(3) *Fonctions entières*, 2e édition, 1923, p. 103.

(4) On peut compléter dans un ordre d'idées analogue le théorème de M. Julia (*Leçons sur les fonctions uniformes à point singulier essentiel*).

celui de M. Landau. Avec la modification introduite ici on obtient de nouveaux résultats.

Supposons que la fonction

$$f(z) = c_0 + c_1 z + \ldots + c_p z^p + \ldots$$

soit holomorphe et ne s'annule pas dans le cercle $|z| < R$, *que la fonction*

$$g(z) = d_0 + d_1 z + \ldots$$

soit aussi holomorphe et de module inférieur à M *dans ce cercle, et que la différence* $f(z) - g(z)$ *de ces fonctions ne s'annule pas dans ce cercle.*

En posant avec M. Nevanlinna

$$\overset{+}{\log} u = 0 \quad \text{si} \quad u \geqq 1,$$
$$\overset{+}{\log} u = \log u \quad \text{si} \quad u \leqq 1,$$
$$m(r, f) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log |f(re^{i\varphi})| \, d\varphi,$$

on obtient aisément l'inégalité

$$\log|c_1 d_0 - c_0 d_1| < 4 \log \frac{1}{r - r'} + 2 \overset{+}{\log} m(r, f) - m(r', f) + 2 \overset{+}{\log} M + \Theta(c_0, c_0 - d_0)$$
$$(0 < r' < r < R)$$

dans laquelle $\Theta(u, v)$ désigne une fonction de u et v seulement. En appliquant les méthodes de M. Borel au groupe des trois premiers termes du second membre, on est conduit à la nouvelle inégalité

$$\log|c_1 d_0 - c_0 d_1| < K + 2 \overset{+}{\log} M + \Theta(c_0, c_0 - d_0),$$

K étant une constante absolue, ce qui montre que, *dans les conditions indiquées ci-dessus, si* $d_0 \neq 0$, *on a*

$$|c_1| < \lambda(c_0, c_0 - d_0, M).$$

On aura de même des limites pour les modules des coefficients successifs; lorsque $g(z)$ est constant on retombe sur le théorème de Landau.

On voit de même que l'ensemble des trois premiers termes du second membre de (1) est inférieur, en général, à $-\frac{1}{2} m(r', f)$, par suite :

Si $d_0 = 0$ *et* $d_1 \neq 0$, *on a l'inégalité analogue à celle de M. Schottky*

$$|f(z)| < \chi\left(c_0, d_1, M, \frac{z}{R}\right) \qquad (|z| < R).$$

D'une façon générale, lorsque d_0 est nul, le module de $f(z)$ est limité par une fonction de c_0, M, $\frac{z}{R}$ et du premier coefficient non nul d_p de $g(z)$. Dans tous ces cas on a donc encore des inégalités pour les modules des coefficients de $f(z)$.

Je n'ai pu reconnaître si, sous les seules hypothèses faites tout d'abord sur f et g, le module de $f(z)$ est borné par une fonction de c_0, $\frac{z}{R}$ et M seulement.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions quasianalytiques de M. Carleman.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $E_n f(x)$ la meilleure approximation de $f(x)$ sur le segment 01 par des polynomes de degré n. J'ai montré dans une Note antérieure que la divergence de la série

$$(1) \qquad \sum_1^\infty \mu_n,$$

où $\mu_n = \operatorname{Min} \frac{1}{p\sqrt[n]{E_p f(x)}}$, est une condition nécessaire et suffisante pour que $f(x)$ satisfasse à la condition de quasi-analyticité de M. Carleman [1]. On peut donc énoncer le théorème de M. Carleman de la façon suivante : *Si la série* (1) *est divergente, la fonction* $f(x)$ *est entièrement déterminée sur tout le segment* 01 *par les valeurs qu'elle reçoit avec toutes ses dérivées en un point de ce segment.*

Je voudrais indiquer ici les points essentiels d'une nouvelle démonstration de ce théorème. La base de mon raisonnement est formée par le théorème suivant relatif à l'approximation des fonctions sur tout l'axe réel :

Théorème A. — *Si* $\varphi(x)$ *est une fonction continue quelconque sur tout l'axe réel tendant vers zéro à l'infini, il est toujours possible de construire un poly-*

[1] D'une façon plus précise : si la condition de M. Carleman est remplie pour *tout* le segment 01, la série (1) est divergente; inversement, si la série (1) diverge, la condition de M. Carleman relative à $f(x)$ est remplie pour tout segment *intérieur* à 01 et la fonction $f(x^2)$ satisfait à la condition de M. Carleman sur tout segment intérieur à $(-1, +1)$. Donc la forme que nous donnons ici au théorème de M. Carleman est un peu plus générale (à un changement de variable près) que celle de son auteur.

nome $P(x)$, *tel que l'on ait pour toute valeur réelle de* x

$$\left|\varphi(x) - \frac{P(x)}{F_1(x)}\right| < \varepsilon,$$

ε *étant un nombre donné arbitrairement petit et* $F_1(x)$ *étant une fonction donnée quelconque satisfaisant à la seule condition que* $F_1(x) \geqq F(x)$, *où* $F(x)$ *est une fonction entière paire et à coefficients positifs de genre* 1.

De là je déduis le

Théorème B. — *Si la meilleure approximation* $E_n f(x)$ *de la fonction* $f(x)$ *sur le segment* 01 *satisfait à l'inégalité*

$$E_n f(x) < \frac{1}{F(n)}, \tag{2}$$

où $F(n)$ *est une fonction entière paire à coefficients positifs de genre* 1, *la fonction* $f(x)$ *est entièrement déterminée sur tout le segment* 01 *par les valeurs qu'elle prend ainsi que toutes ses dérivées en un point de ce segment.*

D'autre part, j'ai démontré le

Théorème C. — *Si* $f(x)$ *est une fonction entière paire de genre* zéro,

$$f(x) = a_0 + a_1 x^2 + \ldots + a_n x^{2n} + \ldots,$$

la série

$$\sum_1^\infty \sqrt[2n]{|a_n|}$$

est toujours convergente (¹).

Par conséquent, la série (1) étant supposée divergente, la fonction

$$F(x) = \sum_1^\infty \frac{1}{2n^2} (\mu_{2n} x)^{2n}$$

sera de genre supérieur à zéro; mais, d'après la définition de μ_n, on a évidemment

$$F(p) < \frac{1}{E_p f(x)} \sum_1^\infty \frac{1}{2n^2} < \frac{1}{E_p f(x)}.$$

Le théorème de M. Carleman énoncé plus haut est donc un cas particulier de notre théorème B.

Il n'est pas certain cependant que ce dernier théorème soit effectivement plus général que celui de M. Carleman. En réalité, ces deux théorèmes

(¹) L'énoncé analogue, où $f(x)$ ne serait pas supposée paire, serait inexact.

seraient entièrement équivalents si la proposition suivante était exacte : $F(x)$ étant une fonction paire de genre 1 à coefficients positifs, la série

$$\sum_{1}^{\infty} \lambda_n, \qquad \text{où} \qquad \lambda_n = \operatorname{Min} \frac{\sqrt[2n]{F(x)}}{x},$$

est divergente.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une généralisation des polygones de Poncelet.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. L'étude de certaines surfaces réglées m'a fait découvrir, dans un ordre d'idées bien éloigné de ces surfaces, des théorèmes intéressants, donnant à la fois une généralisation des résultats de Poncelet sur les polygones inscrits dans une conique et circonscrits à une autre et un exemple curieux de groupes de points surabondants dans le plan.

2. Dans un plan considérons une conique C_2 et une courbe Γ_n de classe n (n entier $\geqq 2$).

Si C_2 et Γ_n sont *quelconques* l'une vis-à-vis de l'autre, il existe un nombre *fini*, $n(n-1)(n-2)$, de triangles *véritables* inscrits dans C_2, circonscrits à Γ_n; il existe $2n(n-1)$ solutions *impropres* du problème, obtenues ainsi : l'une des $2n$ tangentes communes à C_2 et Γ_n, soit T, touche C_2 en M_0, de M_0 on mène l'une des $(n-1)$ tangentes à Γ_n autre que T et elle coupe C_2 de nouveau en M_1; les trois points M_0, M_0, M_1 donnent un triangle impropre dont les sommets sont sur C_2 et les côtés tangents à Γ_n.

3. C_2 étant donnée, il existe au contraire ∞^{2n} courbes Γ_n de classe n donnant lieu aux propriétés suivantes :

Il existe ∞^1 triangles *propres* M_0, M_1, M_2 inscrits dans C_2, circonscrits à Γ_n. Tout point M_0 de C_2 est sommet de $\frac{n(n-1)}{2}$ triangles de cette espèce, M_0M_1 et M_0M_2 étant deux *quelconques* des tangentes issues de M_0 à Γ_n et M_1, M_2 leurs nouveaux points de rencontre avec C_2.

Pour obtenir une telle Γ_n, on choisit, *au hasard*, $n+1$ points M_0, M_1, ..., M_n sur C_2, puis, *encore au hasard*, $n+1$ points M'_0, M'_1, ..., M'_n de C_2; il existe une Γ_n *et une seule* tangente aux $n(n+1)$ droites M_iM_j, $M'_kM'_l$ obtenues en joignant, dans chaque groupe, les points de ce groupe deux à deux. Ces droites forment un système tangentiel de surabondance $\frac{n(n-1)}{2}$ pour la détermination des courbes de classe n.

Chaque nouveau point M''_0 de C_2 permet, en menant de ce point les tangentes à la Γ_n ainsi construite, de déterminer un groupe de $(n+1)$ points $M''_0, M''_1, \ldots, M''_n$ de même définition. Si l'on choisit une représentation paramétrique arbitraire de C_2, les coordonnées x, y d'un point de C_2 s'exprimant par des fractions rationnelles du second degré en t, chaque groupe $M_0 M_1 \ldots M_n$ est défini par une équation

$$(1) \qquad (A + B\rho)\, t^{n+1} + (A_1 + B_1\rho)\, t^n + \ldots + A_{n+1} + B_{n+1}\rho = 0$$

donnant les t des points du groupe; $A, A_1, \ldots, B_{n+1}$ sont des constantes *données*, ρ un paramètre *variable* d'un groupe à l'autre. Réciproquement, toute équation de cette espèce définit une courbe Γ_n de l'espèce cherchée et les ∞^1 systèmes de $(n+1)$ points relatifs à cette courbe Γ_n.

Si M est le point de contact avec C_2 d'une tangente commune, T, à C_2 et Γ_n, μ l'un des points d'intersection de C_2 et Γ_n, cette fois toutes les tangentes à Γ_n, issues d'un M (et distinctes de la T correspondante) se terminent sur C_2 en un μ; réciproquement la tangente à Γ_n en un μ se termine sur C_2 en un M.

On reconnaît ainsi une série de propositions classiques sur les triangles de Poncelet et leur généralisation si n surpasse 2, au lieu d'égaler 2. J'ajouterai que, pour le cas de *triangles*, que je continuerai à appeler *triangles de Poncelet*, relatifs à C_2 et Γ_n, il n'y a pas d'autre généralisation que celle indiquée dans cette Note, tout au moins si n est égal à 3; il n'existe pas de couple C_2, Γ_3 tel que *tout* point de C_2 soit sommet d'un triangle de Poncelet *unique* ou de *deux* triangles de Poncelet relatifs à C_2 et Γ_3; la seule disposition possible est 0 ou 3 triangles ayant leur sommet en un point *arbitraire* de C_2. Si n surpasse 3, il est impossible encore que chaque point de C_2 soit sommet d'un triangle *unique* de Poncelet; mais reconnaître si chaque point de C_2 peut être sommet, non pas de $\frac{n(n-1)}{2}$ triangles exactement, mais de $2, 3, \ldots, \frac{n(n-1)}{2} - 1$, est une question intéressante à étudier, sur laquelle je reviendrai prochainement.

3. La démonstration des propriétés énoncées au paragraphe précédent est aisée en remarquant que toute droite du plan peut être définie par les deux points t', t'' où elle perce C_2, de sorte que t' et t'' forment un système de coordonnées symétriques pour la droite, utilisées déjà par beaucoup de géomètres. Une équation *symétrique*, algébrique, rationnelle entière $f(t', t'') = 0$, de degré n par rapport à chaque variable isolément, est l'équation tangentielle d'une courbe Γ_n de classe n; une équation $f_1(t', t'') = 0$,

dissymétrique en t', t'', correspond à un type important de courbes dont la classe est la somme de degrés en t' et t'' isolément; l'équation de ces courbes peut être mise sous la forme symétrique $f_1(t', t'')f_1(t'', t') = 0$ et elles sont l'analogue des *courbes de direction*. Deux racines t', t'' de l'équation (1) satisfont à l'équation

$$(2) \qquad \begin{vmatrix} At'^{n+1} + A_1 t'^n + \ldots + A_{n+1} & At''^{n+1} + A_1 t''^n + \ldots + A_{n+1} \\ Bt'^{n+1} + B_1 t'^n + \ldots + B_{n+1} & Bt''^{n+1} + B_1 t''^n + \ldots + B_{n+1} \end{vmatrix} = 0$$

qui, après suppression du facteur $t' - t''$, est entière, *symétrique*, par rapport à t' et t'' et de degré n par rapport à chacune. Cette équation exprime donc que les $\frac{(n+1)n}{2}$ droites joignant deux à deux les $(n+1)$ points du groupe défini par (1) sont tangentes, *quel que soit* ρ, à une même courbe Γ_n réalisant avec C_2 la disposition indiquée. On peut mettre l'équation (2) sous la forme symbolique d'un produit de matrices

$$(3) \qquad \begin{vmatrix} A & A_1 & A_2 & \ldots & A_{n+1} \\ B & B_1 & B_2 & \ldots & B_{n+1} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} t'^{n+1} & t'^n & \ldots & t' & 1 \\ t''^{n+1} & t''^n & \ldots & t'' & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Les coefficients de l'équation tangentielle de Γ_n ne sont autres que les mineurs de la matrice de gauche; dans l'espace à $n+1$ dimensions, ce sont les coordonnées plückériennes homogènes de la droite joignant les points de coordonnées homogènes $(A, A_1, A_2, \ldots, A_{n+1})$, $(B, B_1, \ldots, B_{n+1})$ et de là résulte immédiatement que les Γ_n dépendent effectivement de $2n$ paramètres non homogènes et que la donnée de deux groupes de $(n+1)$ points sur C_2 détermine, *sans exception et d'une façon unique*, la courbe Γ_n correspondante.

4. Nous avons obtenu ce résultat curieux : $(n+1)$ tangentes à une conique C_2 se coupent deux à deux en $\frac{(n+1)n}{2}$ points; un nouveau groupe de $(n+1)$ tangentes à la même C_2 détermine $\frac{(n+1)n}{2}$ nouveaux points : les $n(n+1)$ points ainsi obtenus forment un groupe de points de surabondance $\frac{n(n-1)}{2}$ pour le degré n, et sont situés sur une unique C_n; il existe une simple infinité de tels systèmes de $(n+1)$ tangentes à C_2 dont les points d'intersection sont sur C_n. On a ainsi ∞^1 triangles circonscrits à C_2 et inscrits dans C_n.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement vertical plan des liquides doués de viscosité, le régime étant permanent.* Note [1] de M. J. **Grialou**, présentée par M. L. Lecornu.

Les équations différentielles (indéfinies) du mouvement sont

$$(1)\qquad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \qquad + \frac{\mu}{\rho}\Delta u = \frac{du}{dt} = u\frac{\partial u}{\partial x} + w\frac{\partial u}{\partial z},$$

$$(2)\qquad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} - g + \frac{\mu}{\rho}\Delta w = \frac{dw}{dt} = u\frac{\partial w}{\partial x} + w\frac{\partial w}{\partial z}$$

(u et w sont les composantes horizontale et verticale de la vitesse V par rapport à des axes rectangulaires; Ox horizontal, Oz vertical et dirigé vers le haut; ρ est la densité, μ le coefficient de viscosité du liquide).

On sait que η étant le tourbillon $\left[\eta = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right)\right]$, on a

$$2\frac{\partial \eta}{\partial z} = \Delta u; \qquad 2\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\Delta w.$$

Remplaçant et posant en outre, pour simplifier $\frac{\mu}{\rho} = k$, on aura

$$(1')\qquad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \qquad + 2k\frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{du}{dt} = u\frac{\partial u}{\partial x} + w\frac{\partial u}{\partial z},$$

$$(2')\qquad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} - g - 2k\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{dw}{dt} = u\frac{\partial w}{\partial x} + w\frac{\partial w}{\partial z}.$$

On en déduit, par une transformation simple,

$$-\frac{1}{\rho}dp - g\,dz + 2k\left(\frac{\partial \eta}{\partial z}dx - \frac{\partial \eta}{\partial z}dz\right) = d\frac{1}{2}\mathrm{V}^2$$

avec $\mathrm{V}^2 = u^2 + w^2$. Comme $\Pi = \rho g$, on aura

$$(3)\qquad -\left(dz + \frac{dp}{\Pi} + \frac{d\mathrm{V}^2}{2g}\right) + \frac{2k}{g}\left(\frac{\partial \eta}{\partial z}dx - \frac{\partial \eta}{\partial x}dz\right) = 0,$$

et en intégrant

$$(4)\qquad z + \frac{p}{\Pi} + \frac{\mathrm{V}^2}{2g} = z_0 + \frac{p_0}{\Pi} + \frac{\mathrm{V}_0^2}{2g} - \frac{2k}{g}\int\left(\frac{\partial \eta}{\partial x}dz - \frac{\partial \eta}{\partial x}dx\right).$$

C'est l'équation de Bernoulli dans laquelle l'intégrale du second membre

[1] Séance du 6 octobre 1924.

représente l'action du frottement, tendant à faire baisser la ligne de charge $\left(\text{de cote à l'origine } H_0 = z_0 + \frac{p_0}{\Pi} + \frac{V_0^2}{2g}\right)$.

De $V^2 = u^2 + w^2$, on déduit

$$\frac{\partial \frac{1}{2} V^2}{\partial x} = u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial x}; \qquad \frac{\partial \frac{1}{2} V^2}{\partial z} = u \frac{\partial u}{\partial z} + w \frac{\partial w}{\partial z}.$$

En portant $u \frac{\partial u}{\partial x}$ dans (2'), $w \frac{\partial w}{\partial z}$ dans (1'), il vient

$$(1'') \qquad -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \qquad + 2k \frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{\partial \frac{1}{2} V^2}{\partial x} + 2\eta w,$$

$$(2'') \qquad -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g - 2k \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial \frac{1}{2} V^2}{\partial z} - 2\eta u.$$

Éliminant p par la transformation habituelle et tenant compte de l'équation de continuité $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$, on obtient

$$(5) \qquad k \Delta \eta = u \frac{\partial \eta}{\partial x} + w \frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{d\eta}{dt}.$$

ψ étant la fonction des lignes de courant, on a

$$u = -\frac{\partial \psi}{\partial z}, \qquad w = \frac{\partial \psi}{\partial x}, \qquad w\, dx - u\, dz = 0,$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} dx + \frac{\partial \psi}{\partial z} dz = d\psi = 0, \qquad \psi = C,$$

C désignant une constante relative à une trajectoire, mais variable d'une trajectoire à l'autre. De plus

$$(6) \qquad 2\eta = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} = -\Delta \psi.$$

Posons

$$\eta = f(\psi) = -\frac{1}{2} \Delta \psi,$$

on aura

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = f'(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{2} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x}, \qquad \frac{\partial \eta}{\partial z} = f'(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial z} = -\frac{1}{2} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial z},$$

$$(7) \quad \frac{d\eta}{dt} = u \frac{\partial \eta}{\partial x} + w \frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \psi}{\partial z} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial z}\right) = f'(\psi)\left[-\frac{\partial \psi}{\partial z} \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \psi}{\partial z}\right] = 0,$$

$$(8) \qquad \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial z} - \frac{\partial \psi}{\partial z} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x} = 0.$$

L'équation (7) montre que, *même pour les liquides doués de viscosité, le tourbillon est constant le long de la même trajectoire;* la fonction des lignes de courant est caractérisée par l'équation aux dérivées partielles (8).

Mais alors, puisque K n'est pas nul dans la relation (5), on a

$$\Delta\eta = 0. \tag{9}$$

L'équation (3)

$$d\left(z + \frac{p}{\Pi} + \frac{V^2}{2g}\right) = \frac{2k}{g}\left(\frac{\partial\eta}{\partial z}dx - \frac{\partial\eta}{\partial x}dz\right)$$

montre que, d'après (9), *son second membre est, comme le premier, une différentielle exacte.*

De

$$u\frac{\partial\eta}{\partial x} + w\frac{\partial\eta}{\partial z} = -\frac{1}{2}u\,\Delta w + \frac{1}{2}w\,\Delta u = 0$$

on déduit

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta w}{w} = -F,$$

F étant une fonction de x, z; par suite

$$d\left(z + \frac{p}{\Pi} + \frac{V^2}{2g}\right) = \frac{k}{g}(\Delta u\,dx + \Delta w\,dz) = \frac{k}{g}(u\,\Delta u + w\,\Delta w)\,dt,$$

$$dH = -\frac{kF}{g}V^2\,dt = -\frac{kF}{g}V\,ds; \qquad \frac{dH}{dt} = -\frac{k}{g}FV^2.$$

La vitesse de variation $\frac{dH}{dt}$ *du plan de charge est donc proportionnelle à la fonction* F *et au carré de la vitesse* V.

ASTRONOMIE. — *Éléments de la planète Alger* N = 1924 QL. Note de M. Benjamin Jekhowsky, présentée par M. Bigourdan.

D'après les observations des février 5, 25, mars 16 et mai 3, j'ai déterminé les éléments suivants de cette planète qui est la seconde que j'ai découverte cette année à l'Observatoire d'Alger.

Époque : 1924 mars 16, 5 T. M. G.

$M = 346°55'38'',37$
$\omega = 61°\ 2'16'',70$ ⎫
$\Omega = 118°23'51'',35$ ⎬ Équinoxe et Écliptique 1924,0
$i = 7°53'16'',84$ ⎭
$\varphi = 4°\ 4'43'',51$
$\log a = 0,4158181$
$\mu = 843'',87750$

Ces éléments, avec les constantes de Gauss,

$$x = [\bar{1},9967952] \sin(v + 270^\circ 26' 15'',91],$$
$$y = [\bar{1},9746167] \sin(v + 182^\circ 53' 43'',90],$$
$$z = [\bar{1},5484108] \sin(v + 161^\circ 37' 21'',70],$$

donnent, comme représentation des observations :

	1924	Févr. 5.	Févr. 25.	Mars 12.	Mars 16.	Avril 3.	Mai 3.
Obs.-cal.	$\Delta\alpha$	$+0'',1$	$+0'',4$	$+0'',9$	$0'',0$	$-1'',0$	$-0'',1$
	$\Delta\delta$	$0'',0$	$-0'',8$	$-0'',3$	$0'',0$	$-0'',8$	$+0'',1$

Grandeur $= 10,5 + 5(\log\rho + \log r)$ au moment de l'opposition $= 13,1$.

ASTRONOMIE. — *Observations faites, à l'Observatoire de Lyon, pendant l'éclipse de Lune du* 14 *août* 1924. Note de M. **J. Guillaume** et de M^lle **Bloch**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations suivantes ont été faites à la faveur d'une grande éclaircie, dans la longue période de temps défavorable que nous traversons.

La Lune était plongée aux deux tiers de son diamètre, à son émersion du rideau d'arbres qui dérobe aux instruments la vue de l'horizon. A ce moment, à $7^h 12^m$ (temps moyen de Greenwich), le limbe lunaire n'était pas visible entièrement, mais il paraissait en forme de corne, plus loin du côté sud que du côté nord; 13 minutes plus tard, il se montrait en entier et cette visibilité n'a souffert aucune interruption dans la suite.

L'ombre, dont la limite était assez nette, a présenté la jolie teinte rouge cuivre habituelle, allant graduellement du clair au foncé, puis au gris fumeux dans sa partie centrale qui, seule, laissait moins facilement discerner les détails de la sélénographie.

La variabilité de l'éclairement du limbe a rendu parfois difficiles les observations d'occultations suivantes, faites à l'équatorial coudé (C) par M. Guillaume, et à l'équatorial Brünner (B) par M^lle Bloch :

Étoiles.	Gr.	Phén.	T. m. de Greenwich.	Instr.	Remarques.
B. D. $-15^{\circ},6047$...	(9,4)	I	$8^{h}\ 1^{m}.30^{s},4$	C	»
$-15,6046$...	(6,2)	I	8.13.22,8	C	contact 5^{s} avant.
			8.13.21,9	B	»
$-15,6037$...	(7,2)	E	8.22.38,2	C	retard estimé à 3^{s} ou 4^{s}.
$-15,6050$...	(9,8)	I	8.24. 3	B	»
$-15,6052$...	(6,5)	I	8.37.49,3	C	contact 8^{s} avant.
			8.37.49,7	B	»
$-15,6042$...	(9,0)	E	8.41.12,0	C	émersion brusque.
$-15,6041$...	(9,4)	E	8.42.45	C	retard estimé d'env. 3^{s}.
$-15,6044$...	(9,8)	E	8.54. 7	B	»
$-15,6046$...	(6,2)	E	9. 7. 9,4	C	émersion brusque.
			9. 7. 9,1	B	»
$-15,6047$...	(9,4)	E	9.11. 2,3	C	retard estimé à 3^{s}.
			9.11. 4	B	»
$-15,6052$...	(6,5)	E	9.18.14,9	C	retard possible de 2 ou 3^{s}.
			9.18.12,2	B	»

La totalité a été notée à $7^{h}31^{m},5$; sa fin à $9^{h}9^{m},7$, et la sortie de l'ombre à $10^{h}9^{m},7$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la désagrégation de la calotte polaire australe de Mars.* Note de M. **W. Abbott** (Extrait).

A partir du 18 août on voyait bien deux promontoires de la calotte polaire, une vers 35° de longitude, sur Argyre II et l'autre vers 320°, sur Novissima Thyle.

Le 22 août nous aperçûmes distinctement un très mince « chenal » qui est apparu dans les neiges et qui, séparant le promontoire de 320° du reste des glaces, le transformait ainsi en île.

Le 23 août la partie détachée se voyait beaucoup moins brillante que le reste de la calotte; je la soupçonnais grisâtre.

Le 24 et le 31 août le promontoire situé sur Novissima Thyle (320°) était de plus en plus pointu et s'isolait progressivement de la calotte. Le chenal était presque invisible à ces dates.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1924. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations dans ce trimestre (1) a été de 70, et voici les principaux faits qui en résultent.

Taches. — On a enregistré 7 groupes de taches, au lieu de 8 précédemment et une aire totale de 285 millionièmes, au lieu de 748.

Leur répartition est de 2 groupes, au lieu de 4, au sud de l'équateur, et de 5, au lieu de 4, également, au nord.

Comme en décembre dernier, aucune tache australe n'a été notée dans le mois de mars. D'ailleurs les jours sans taches ont été nombreux (56 au lieu de 18) et leur proportion a passé de 0,32 à 0,80.

Enfin la latitude moyenne a diminué davantage au nord qu'au sud, passant de $-20°,3$ à $-19°,0$ et de $+22°,0$ à $+13°,3$.

Régions d'activité. — La totalité des groupes de facules a plus que doublé : 79 au lieu de 31. L'augmentation en surface a été moins grande, puisque l'on a, effectivement, 34,1 millièmes au lieu de 18,4.

Cet accroissement des groupes a été un peu plus fort au nord (26) avec 44 au lieu de 18, qu'au sud (22) avec 35 au lieu de 13.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier. — 0,88.			
31	1	29,6		+15	4
26	1	29,7		+25	2
3	1	30,4	−25		11
	24 j.		−25°	+20°,0	
		Février. — 0,70.			
28	1	3,1		+30	9
26	1	26,3	−13		20
		Février (suite).			
24- 3	8	27,6		+27	232
	20 j.		−13°	+28°,5	
		Mars. — 0,81.			
22-24	2	24,1		+18	7
	26 j.		»	+18°	

(1) Avec l'aide de Mlle Bloch.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1924.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	1	»	»	1	2	»	1	1	»	»	3	17
Février......	»	»	»	1	»	1	2	»	»	2	»	»	3	261
Mars........	»	»	»	»	»	0	1	»	1	»	»	»	1	7
Totaux ...	»	»	1	1	»	2	5	»	2	3	»	»	7	285

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1924.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels	Surfaces totales réduites.
Janvier......	3	1	2	2	1	9	16	2	1	4	5	4	25	11,1
Février......	5	1	3	1	1	11	14	2	»	5	3	4	25	9,4
Mars........	5	1	5	2	2	15	14	3	2	3	2	4	29	13,6
Totaux....	13	3	10	5	4	35	44	7	3	12	10	12	79	34,1

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'amplification du courant des cellules photo-électriques et son application à l'Astronomie de précision.* Note (1) de M. **R. Jouaust**, présentée par M. G. Ferrié.

L'emploi de la lampe à 4 électrodes pour l'amplification du courant des cellules photo-électriques, et l'application à la photométrie stellaire des dispositifs ainsi établis, ont été décrits dans une Note précédente (2).

Nous nous sommes demandé si l'usage des cellules photo-électriques ne pourrait pas s'appliquer également à d'autres recherches astronomiques, si par exemple leur emploi ne permettrait pas d'éviter l'influence de l'équation personnelle dans les observations méridiennes.

Le problème est le suivant : Inscrire d'une façon précise, à côté des battements de la pendule, l'instant où l'image de l'astre occupe une position donnée dans le champ de l'appareil d'observation.

La solution complète de ce problème présente de grandes difficultés et nous n'apportons pas ici des résultats définitifs, d'autant plus que nous n'avons envisagé jusqu'ici que la partie purement électrique du problème. Toutefois les résultats obtenus paraissent déjà suffisamment intéressants pour devoir être signalés.

(1) Séance du 22 septembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1117.

Nous avons cherché à enregistrer la durée du passage de l'image de l'étoile dans une fente placée dans le plan focal de l'objectif.

Pour de semblables opérations, le galvanomètre enregistreur destiné à inscrire les variations du courant amplifié de la cellule doit donner des indications rapides. Ce n'est pas le cas des galvanomètres très sensibles utilisés dans les expériences déjà réalisées sur la photométrie stellaire. Nous n'avons pu remplacer ces instruments que par un galvanomètre Dufour à enregistrement photographique du modèle employé dans les sections militaires de repérage par le son.

Cet excellent appareil n'était cependant pas suffisamment sensible pour donner une déviation importante avec les courants de l'ordre du microampère qui sont obtenus par l'amplification avec une seule lampe à 4 électrodes. Il a fallu adjoindre à celle-ci une deuxième lampe amplificatrice (de courant continu).

Une résistance de 50000 ohms était placée dans le circuit plaque de la lampe à 4 électrodes. L'une des bornes de cette résistance était réunie au filament d'un triode ordinaire, l'autre borne était reliée à la grille par l'intermédiaire d'une batterie de piles de tension convenable. Le galvanomètre était intercalé dans le circuit plaque de la nouvelle lampe.

Les essais ont été faits sur des étoiles brillantes, Véga par exemple, en

11 juillet 1924. Passage de Véga devant une fente de 1^{mm}.
Les petites oscillations du tracé sont dues à l'influence du courant de l'éclairage local.

utilisant l'équatorial de 28^{cm} de l'Observatoire de Paris. Cet instrument était calé dans une position fixe et une fente de 1^{mm} de largeur était disposée dans le plan focal, devant la cellule.

Le passage de l'étoile devant cette fente se traduisait sur la pellicule photographique par une déflexion d'une durée d'environ 4 secondes et dont l'amplitude atteignait 1^{cm} lorsque le ciel était suffisamment clair.

Les deux moitiés de la déflexion sont bien symétriques, ce qui indique *qu'avec les faibles éclairements utilisés* la grille de la première lampe se déchargeait aussi vite qu'elle se chargeait. Le début de la déflexion correspondait au moment où l'étoile commençait à se démasquer et la fin à l'instant où elle était complètement masquée. En prenant la moyenne des temps correspondant au début et à la fin de la déflexion, on a donc l'instant où le milieu de l'astre se trouve au milieu de la fente.

Ces expériences étaient faites, comme nous l'avons dit, uniquement pour étudier les possibilités d'enregistrement.

Pour des déterminations précises, il eût été nécessaire d'utiliser une fente à bords minces et d'assurer son réglage exact dans le plan focal. De plus certaines perturbations étaient produites dans l'enregistrement par des courants parasites d'origine industrielle (éclairage de la salle), perturbations qu'il serait possible d'éliminer dans un montage définitif. Néanmoins l'examen des pellicules montre qu'il est possible de faire des relevés avec une précision suffisante pour les besoins actuels de l'Astronomie.

En résumé, les résultats obtenus démontrent, d'une part, qu'il est possible de réaliser des dispositifs simples, permettant de déterminer par enregistrement photographique l'instant précis où un astre, suffisamment brillant, occupe une position donnée dans le champ d'un instrument suffisamment puissant, et, d'autre part, que l'éclat des étoiles, ainsi que la puissance des instruments astronomiques nécessaires pour obtenir un bon enregistrement, peuvent être notablement diminués en faisant usage de galvanomètres photographiques très sensibles, tels que des galvanomètres à corde.

PHYSIQUE. — *Sur une loi reliant le potentiel d'ionisation d'un élément à son point d'ébullition.* Note [1] de MM. **Nicolas Perrakis** et **Pierre Bedos**, présentée par M. Albin Haller.

L'un de nous a établi antérieurement [2] la relation

$$\frac{\lambda}{T} = C_j = 4,07 + 10^{-27},$$

où λ, T et C_j désignent respectivement la chaleur latente de vaporisation de l'électron, sa température absolue d'ébullition et l'entropie électronique.

Cette formule nous permettra, connaissant le point d'ébullition d'un corps, de calculer la chaleur de vaporisation d'un de ses électrons. En d'autres termes, chaque fois qu'un électron s'évadera de l'atome il absorbera $\lambda = C_j T$ *quanta* d'entropie thermique.

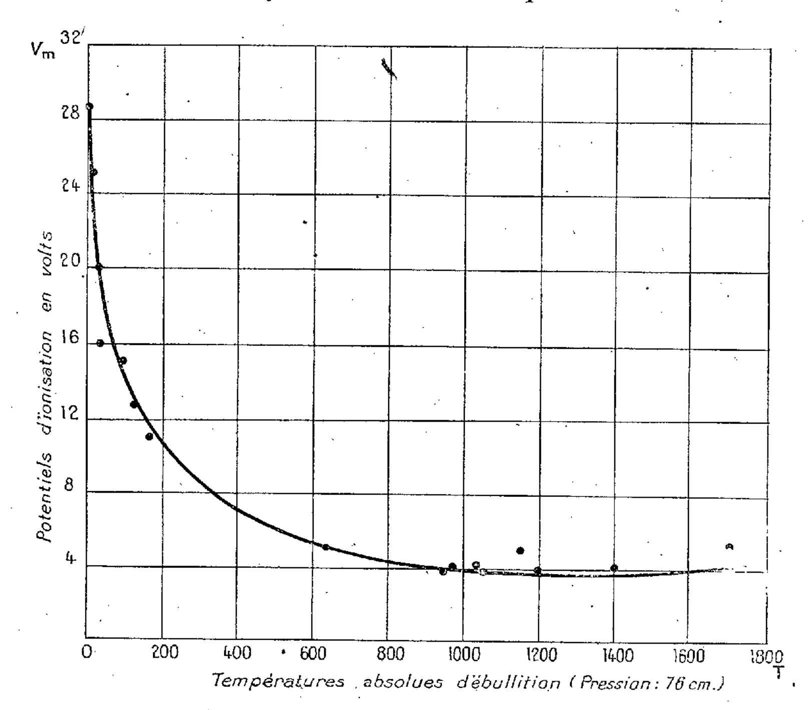
---

(1) Séance du 13 octobre 1924.

(2) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 562.

On a tendance à identifier le potentiel d'ionisation de l'électron à sa chaleur de vaporisation. C'est ainsi que M. Jean Bosler (¹), dans l'exposé qu'il fait de la théorie de M. Saha, nous dit : « ... le potentiel d'ionisation est une grandeur fournie par l'expérience et particulière à chaque élément : on peut la considérer comme la chaleur latente d'évaporation de l'électron. »

Cette interprétation du potentiel d'ionisation ne semble guère acceptable. En effet, d'après la loi de Trouton, la chaleur de vaporisation d'un élément est proportionnelle à sa température d'ébullition. *Or l'expérience montre que le potentiel d'ionisation d'un élément est,* D'UNE FAÇON GÉNÉRALE, *d'autant plus* ÉLEVÉ *que son point d'ébullition est plus* BAS.



Cette première remarque faite, nous avons été amenés à chercher la loi reliant ces deux propriétés, que nous croyons pouvoir exprimer par la relation

$$V_m = 28{,}57\, e^{-0{,}07147\,\frac{1}{\mathrm{T}}} + 0{,}00000093\,\mathrm{T}^2 \quad (^2).$$

(¹) *L'Évolution des Étoiles*, p. 38.

(²) Dans un Mémoire détaillé qui paraîtra dans un autre recueil, l'un de nous donnera l'interprétation physique et le mode d'obtention des divers coefficients. Pour l'instant, nous nous bornons à la relation qui s'accorde le mieux avec l'expérience.

Faisons remarquer que le premier terme de cette équation représente avec précision la loi du phénomène jusqu'à une température voisine de 700 degrés absolus; pour des valeurs de T supérieures à cette température (700° abs.), il est bon d'ajouter le terme correctif, $0{,}00000093\,T^2$, dont l'importance croît à mesure que la température s'élève.

Le tableau et le graphique suivants montrent la concordance qu'il y a entre l'expérience et la relation que nous proposons.

Elément.	Température absolue d'ébullition.	Potentiel d'ionisation calculé (en volts).	Potentiel d'ionisation mesuré (en volts).
He	4°,25	24,7	25,2
H^2	20,30	20,7	20,0
Ne	30,00	19,3	16,0
Ar	87,20	14,7	15,0
Kr	121,30	13,0	12,7
Xe	163,90	11,5	10,9
Hg	630,00	5,1	5,0
Cs	943,00	4,0	3,8
Rb	969,00	4,0	4,2
K	1030,00	3,9	4,3
Cd	1051,00	3,9	3,7
Na	1150,00 (?)	3,8	5,1
Zn	1191,00	3,7	3,9
Mg	1400,00	3,8	4,3
Li	1700,00 (?)	4,2	5,4

Nous n'avons pas fait figurer dans le tableau ci-dessus les valeurs du potentiel d'ionisation relatives à l'oxygène et à l'azote, car nous n'avons pu trouver qu'une seule détermination pour chacun de ces deux éléments. Ces valeurs, du reste, s'écartent considérablement des valeurs calculées.

Cette anomalie pourrait être interprétée ainsi : Pour H^2, gaz diatomique, on donne comme valeurs mesurées du potentiel d'ionisation des nombres voisins de 11 et de 20. La première de ces deux valeurs correspondrait au cas où un *seul* atome de la molécule est *ionisé*, tandis que la seconde représenterait le potentiel nécessaire pour *ioniser* les *deux* atomes de la molécule.

Il doit arriver quelque chose d'analogue pour O^2 et N^2 dont on se propose d'entreprendre l'étude expérimentale.

ACOUSTIQUE. — *Sur la longueur d'onde du maximum d'énergie du spectre sonore d'une explosion.* Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. P. Villard.

Dans une récente Note (¹), M. Villard a appelé l'attention sur la dépendance pouvant exister entre la longueur d'onde correspondant au maximum d'énergie dans le spectre sonore d'une explosion, et la masse d'explosif employée.

Un phénomène de cette nature avait été déjà constaté, relativement aux ondes de bouches de pièces d'artillerie, lors des nombreuses opérations de repérage par le son faites durant la dernière guerre; mais à cette époque, ce n'était qu'un fait accessoire apportant des renseignements complémentaires sur la nature de la pièce repérée.

Le but de cette Note est de montrer que ces résultats de repérage associés à l'enregistrement de l'onde acoustique de l'explosion de la Courtine, en mai dernier, constituent déjà une première vérification satisfaisante du fait signalé par M. Villard.

A cet effet, on a reproduit ici, réduits aux deux tiers de leur grandeur naturelle, trois spécimens d'enregistrement d'ondes acoustiques provoquées par détonation d'explosif.

Les deux premiers ont été obtenus sur le front (²) : la bande I correspond au repérage d'un canon allemand de calibre 77 (charge d'explosif environ $0^{kg},500$); la bande II est relative à une pièce allemande à longue portée, calibre 210 (charge d'explosif environ 29^{kg}). Les lettres C et B de ces enregistrements désignent respectivement les ondes de choc et les ondes de bouche, ces dernières étant seules intéressantes ici. Enfin la troisième bande est celle que j'ai obtenue moi-même (³) à Paris lors de l'explosion de la Courtine, le 15 mai 1924 (charge d'explosif 10000^{kg}).

En toute rigueur, au point de vue qui nous occupe, la comparaison de tels résultats n'a de sens que s'ils ont été obtenus dans les mêmes conditions, toutes choses égales d'ailleurs, la masse d'explosif étant seule variable.

Ce n'est pas le cas ici, et pourtant leur comparaison est tout de même

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 617.
(²) *S. R. S.*, n° 7, 1ᵉʳ mars et 8 septembre 1918.
(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1741.

valable, du moins en première approximation. Il suffit pour s'en rendre compte de se rappeler les caractéristiques du système d'écouteurs électro-

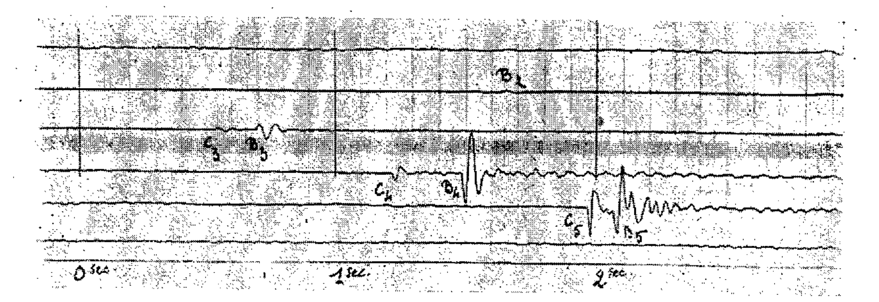


Fig. 1. — Bande de repérage d'un canon de 77.

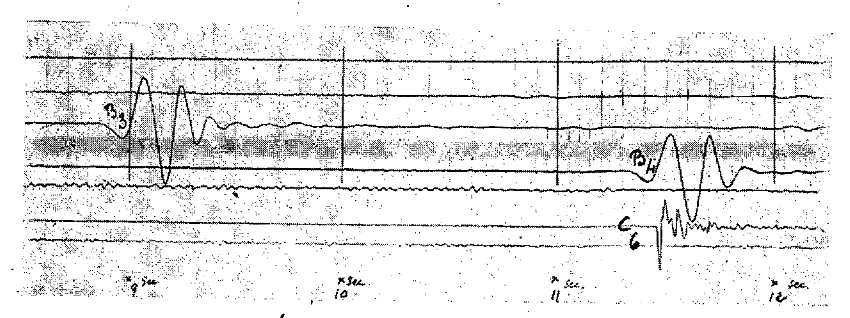


Fig. 2. — Bande de repérage d'un canon de 210.

Dans ces deux cas, on a utilisé 7 écouteurs distincts dont les indications s'enregistrent sur la même-bande; on se limite ici à la considération des tracés relatifs aux écouteurs n° 3 et n° 4.

Les traits verticaux renforcés marquent approximativement les secondes successives.

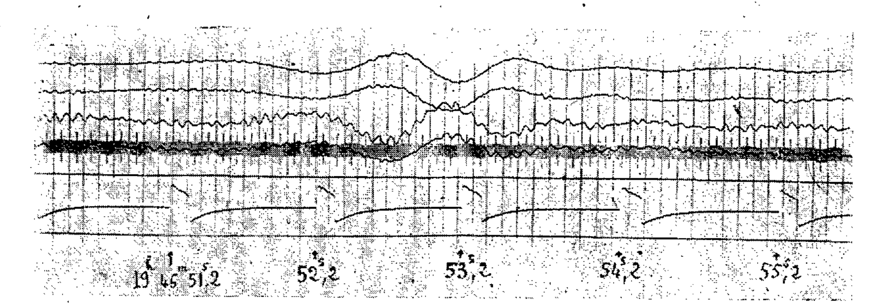


Fig. 3. — Onde acoustique de l'explosion de la Courtine du 15 mai 1924, enregistrée à Paris à l'aide de 4 écouteurs dont les indications correspondent aux 4 tracés supérieurs. Les tops horaires de la Tour Eiffel s'inscrivent sur la cinquième ligne et les secondes d'une horloge sur la sixième ligne.

magnétiques et du procédé optique d'enregistrement employés. Elles permettent d'affirmer, ainsi que l'expérience l'a d'ailleurs montré, que les

indications obtenues pour un phénomène donné ne sont pas modifiées quand on change d'écouteur, même à plusieurs années d'intervalle : j'ai en effet signalé antérieurement que les appareils qui m'ont servi pour l'enregistrement de l'onde de la Courtine sont ceux-là mêmes qui avaient été utilisés sur le front.

Dans cette comparaison, il n'y a pas lieu, évidemment, de rechercher actuellement une approximation notable parce que, d'une part, les ondes sont plus ou moins déformées par les conditions locales, et que, d'autre part, la mesure du temps diffère de 2 à 3 pour 100 pour les diverses bandes.

Les valeurs approximatives des périodes des ondes données par ces enregistrements sont : $\frac{6}{100}$ de seconde pour la bande I (ondes de bouche B_3 et B_4); $\frac{18}{100}$ de seconde pour la bande II (ondes de bouche B_3 et B_4); environ 1 seconde pour la bande III.

La période du son ultra-grave correspondant au maximum d'énergie dans le spectre sonore varie donc bien dans le même sens que la masse d'explosif utilisée. D'autres expériences seraient nécessaires pour étendre cette vérification et préciser, s'il y a lieu, la loi de variation.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la distribution de longueur des rayons α du polonium dans l'oxygène et dans l'azote.* Note (¹) de M^lle **Irène Curie** et M. **Nobuo Yamada**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude de la distribution de longueur des rayons α du polonium dans l'air a été faite par l'un de nous (²) par une méthode nouvelle utilisant l'appareil Wilson; le résultat obtenu a été très différent de celui qu'avait fourni la méthode de scintillations, et il a été prouvé que celle-ci n'est pas en état de détecter la majorité des rayons vers la fin de leur parcours.

Les longueurs des rayons se répartissent suivant une loi de probabilité telle que le nombre de ceux qui ont une longueur comprise entre x et $x + dx$ est proportionnel à

$$n = Ke^{-\frac{\xi^2}{\alpha^2}} \quad \text{où} \quad \xi = x - \rho,$$

ρ parcours le plus probable.

(¹) Séance du 13 octobre 1924.

(²) Irène Curie, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 434; *Journ. de Phys. et Rad.*, t. 4, 1923, p. 70.

On a trouvé $\rho = 3^{cm},85$ (en rapportant à l'air sec à 15° et 760^{mm} de pression) et $\frac{\alpha}{\rho} = 0,015$, ce qui donne $\alpha = 0^{mm},60$. La précision sur α est de 5 pour 100.

Un petit nombre de rayons, 10 pour 100 environ du nombre total, ne rentrent pas dans la loi de probabilité. Leur longueur est un peu inférieure au parcours le plus probable.

Comme suite à ce travail, nous avons étudié la distribution de longueur dans l'azote et dans l'oxygène. Il est particulièrement intéressant de comparer ces distributions, car il a été montré récemment [1] que les courbes de Bragg relatives à ces gaz ont une forme sensiblement différente l'une de l'autre. Si l'on ramène les courbes à un même parcours extrapolé, le maximum de la courbe d'ionisation dans l'azote est notablement plus voisin de l'extrémité du parcours que pour la courbe d'ionisation dans l'oxygène. Il s'agit de voir si cette différence est entièrement attribuable à la loi de variation de l'ionisation le long d'un rayon α individuel, ou si la distribution de longueur n'est pas la même dans les deux gaz.

La méthode employée est exactement celle qui a été décrite par l'un de nous. La source de rayonnement était la même pour les expériences dans les deux gaz : une petite surface circulaire de $0^{mm},4$ de diamètre (section plane d'un fil de nickel) sur laquelle avait été déposée par électrolyse une quantité de polonium correspondant à un courant d'ionisation totale de 2000 U. E. S. environ.

On a mesuré environ 400 rayons pour l'azote et un peu plus pour l'oxygène ; la forme générale des courbes de distribution de longueur est semblable à celle qui avait été trouvée pour l'air : courbe de probabilité, avec un petit excès de rayons courts.

On trouve pour le coefficient de probabilité :

$$\frac{\alpha_1}{\rho_1} = 0,0208 \quad \text{pour l'azote,}$$

$$\frac{\alpha_2}{\rho_2} = 0,0208 \quad \text{pour l'oxygène,}$$

concordance très supérieure à la précision absolue des expériences. Mais l'étude des causes d'erreur montre que la précision relative peut être ici très supérieure à la précision absolue.

Cependant, on peut s'étonner de la différence entre le coefficient $\frac{\alpha}{\rho} = 0,015$

(1) Consigny, *Diplôme d'études supérieures*, 1923.

trouvé dans l'air et le coefficient obtenu pour l'azote et l'oxygène $\frac{\alpha}{\rho} = 0,208$.

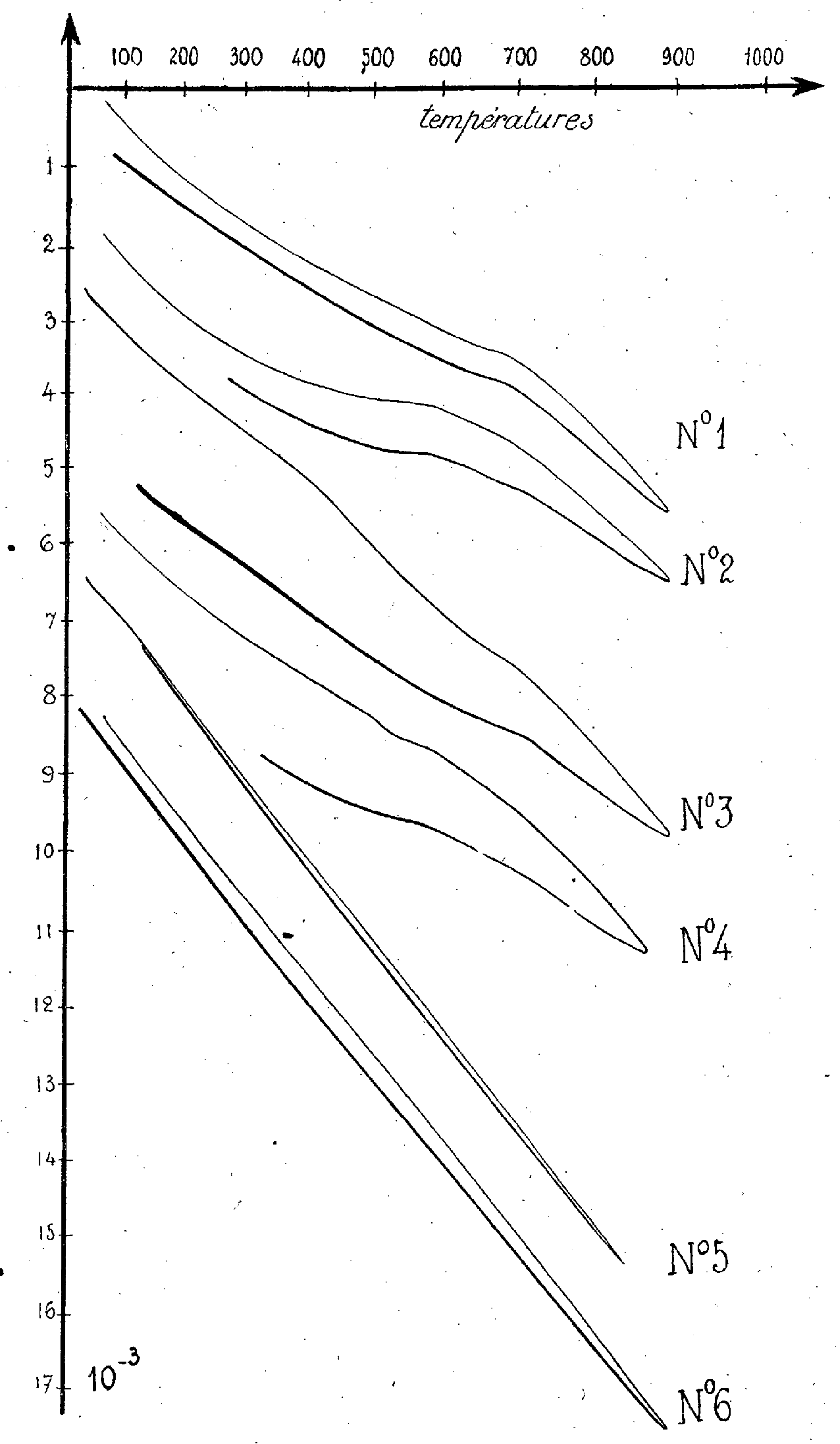
Cette différence tient à ce que la source de rayonnement portait une densité de polonium très supérieure à celle qui avait été employée jusqu'ici et il devait y avoir une absorption non négligeable du rayonnement par le polonium lui-même. On peut calculer, en effet, d'après les mesures du rayonnement, et en admettant une répartition uniforme du polonium sur la surface, que la densité surperficielle devait être de 7×10^{17} atomes par centimètre carré, ce qui représente, si l'on admet pour les atomes un pouvoir d'arrêt proportionnel à la racine carrée du nombre atomique, une absorption équivalente à $0^{mm},4$ d'air atmosphérique. On peut calculer qu'une absorption de cette importance modifie la courbe de distribution de longueur de manière à lui donner sensiblement la forme d'une courbe de probabilité de coefficient plus grand que le coefficient vrai. La correction prévue est plus faible que l'erreur sur le coefficient α, mais elle a été appréciée en supposant le polonium réparti uniformément sur la source, alors que pour une répartition irrégulière, la correction serait plus forte; il est possible aussi que la matière utilisée ait contenu quelques impuretés.

La différence entre le coefficient $\frac{\alpha}{\rho}$ trouvé pour l'air et celui qu'on obtient ici s'explique donc suffisamment par une absorption à la surface de la source. On peut conclure qu'il n'existe, à la précision expérimentale, aucune différence entre la distribution de longueur des rayons dans l'azote et dans l'oxygène, en ce qui concerne le coefficient de la loi de probabilité. Le nombre de rayons courts, qui semble à peu près le même dans les deux gaz, sera examiné avec une source plus favorable.

Il résulte de ce travail, que la différence de forme, entre les courbes de Bragg dans l'azote et dans l'oxygène, doit être attribuée à la loi de variation de l'ionisation le long d'un rayon α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Allotropie des sesquioxydes de fer, de chrome et d'aluminium.* Note de MM. **Georges Chaudron** et **Hubert Forestier**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On sait que le sesquioxyde de fer, préparé à basse température, subit, quand on le chauffe, une transformation accompagnée d'un brusque dégagement de chaleur (Phénomène de l'incandescence). Il présente donc deux variétés allotropiques; nous avons cherché à en préciser les propriétés.



Courbes de dilatation différentielles.

N° 1, Fe^2O^3 ; N° 2, Fe^3O^4 ; N° 3, Fe^2O^3 trempé ; N° 4, Fe^3O^4 trempé ; N° 5, Cr^2O^3 ; N° 6, Al^2O^3.

Échantillon, $3^{cm},5$. Étalon (pyros), 4^{cm}. L'abscisse est proportionnelle à la dilatation de l'étalon, et l'ordonnée, à la différence de dilatation entre l'échantillon et l'étalon.

On prépare l'oxyde instable (donnant le phénomène d'incandescence) en desséchant l'hydroxyde obtenu par précipitation à froid du nitrate ou du chlorure en solutions étendues (10g par litre).

Le coefficient d'aimantation de l'oxyde instable a été mesuré avec la balance Curie-Chéneveau. Il est 20 fois plus grand que celui de l'oxyde calciné.

L'analyse thermique de l'hydroxyde donne, à 100°, une absorption de chaleur correspondant au départ d'eau, puis, à 400°, le dégagement brusque de chaleur correspondant à la transformation.

Des mesures ont été faites avec l'appareil de M. Chévenard sur des baguettes agglomérées par une pression de 2000kg au centimètre carré. Le bâtonnet fabriqué avec l'oxyde instable se fendille au moment de l'incandescence, ayant subi un retrait de 30 pour 100 environ.

L'oxyde ainsi transformé par la chaleur peut être aggloméré de nouveau; la courbe n° 1 donne la dilatation d'un oxyde calciné préalablement à 1000°. L'oxyde provenant de la calcination du sulfate, de la décomposition à l'air de l'oxalate, et l'oligiste naturel donnent la même courbe de dilatation. Le coefficient de dilatation croît progressivement avec la température et passe par un maximum à 680°. Cette anomalie de dilatation rappelle celle de la magnétite à 570°, étudiée par M. Chévenard [1]. Nous avons refait l'enregistrement de la courbe de dilatation de cet oxyde (courbe n° 2) pour la rapprocher de celle du sesquioxyde.

Des transformations semblables, sans changement de phases, se produisent dans toutes les substances ferromagnétiques; on peut donc penser qu'à cette température de 680° le ferromagnétisme du sesquioxyde de fer disparaît également. Nous nous proposons de le vérifier ultérieurement.

Il était intéressant de voir si, par un refroidissement brusque, par la trempe, on pouvait modifier les courbes de dilatation de l'oxyde ferrique et de l'oxyde magnétique. Les courbes n° 3 et n° 4, faites sur des bâtonnets trempés, montrent un changement très net : dans le cas de l'oxyde ferrique (courbe n° 3) on observe une contraction à 400° et l'on revient sur la courbe normale à 600°; pour l'oxyde magnétique (courbe n° 4) la contraction se produit à 500° et le retour à la courbe normale vers 550°.

Les sesquioxydes d'aluminium et de chrome présentent, comme celui de fer, le phénomène d'incandescence. Pour l'alumine, le dégagement de chaleur se produit à 600°; avant d'atteindre cette température, il se pro-

---

[1] CHÉVENARD, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 321.

duit à 300° une absorption de chaleur correspondant à la décomposition de l'hydrate Al^2O^3, $2H^2O$. Après calcination, l'alumine présente une courbe de dilatation régulière (courbe n° 6).

Pour le sesquioxyde de chrome, l'incandescence se produit à 500°. L'oxyde calciné a, comme l'alumine, une courbe de dilatation régulière (courbe n° 5); il présente un coefficient d'aimantation 3 fois moins considérable que celui de l'oxyde instable, pris avant la calcination.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Système physique des éléments.* Note (¹) de M. C.-G. **Bedreag**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans les recherches sur les propriétés des éléments ayant un rapport avec la constitution électronique des atomes, telles que les séries spectrales, les séries de lignes X, les propriétés électriques et optiques des atomes ionisés, les propriétés de valence, on se reporte toujours à un système d'ensemble des éléments pour obtenir des termes de repère et des points de comparaison entre les résultats expérimentaux.

Les systèmes ou tableaux actuels des éléments qui dérivent directement de l'ancien tableau de Mendeleeff, même avec les modifications apportées par suite des nouvelles données expérimentales, citons les tableaux récents donnés par Sommerfeld (1922), M^me Curie (1923), avec les éléments groupés dans 9 ou 10 rangées horizontales et 8 colonnes verticales, présentent des inconvénients signalés par les auteurs mêmes sur la place des terres rares, celle des triades (Fe, Co, Ni), (Ru, Rh, Pd), (Os, Ir, Pt); enfin le nombre de 6 périodes des éléments, sur lequel on est fixé aujourd'hui avec Bohr, ne ressort pas nettement de ces tableaux.

On a aussi recours à des modèles à trois dimensions, dont le modèle à 2 cylindres de Soddy présente certains avantages.

Nous donnons ci-après un tableau qui contient les éléments disposés dans 6 rangées horizontales correspondant aux 6 périodes; le nombre des colonnes est alors porté à 18, correspondant à 18 familles d'éléments nettement caractérisées par toutes leurs propriétés fondamentales. Nous désignons les colonnes successives par les chiffres romains O, I, II, ..., XVIII; les familles d'éléments par l'un des caractères fondamentaux — la valence caractéristique $0, \overset{+}{1}, \overset{+}{2}, \overset{+}{3}, \ldots, \overset{-}{3}, \overset{-}{2}, \overset{-}{1}$, et $\overset{+}{1'}, \overset{+}{2'}, \overset{+}{3'}, \overset{\pm}{4}$, — à laquelle se rattachent

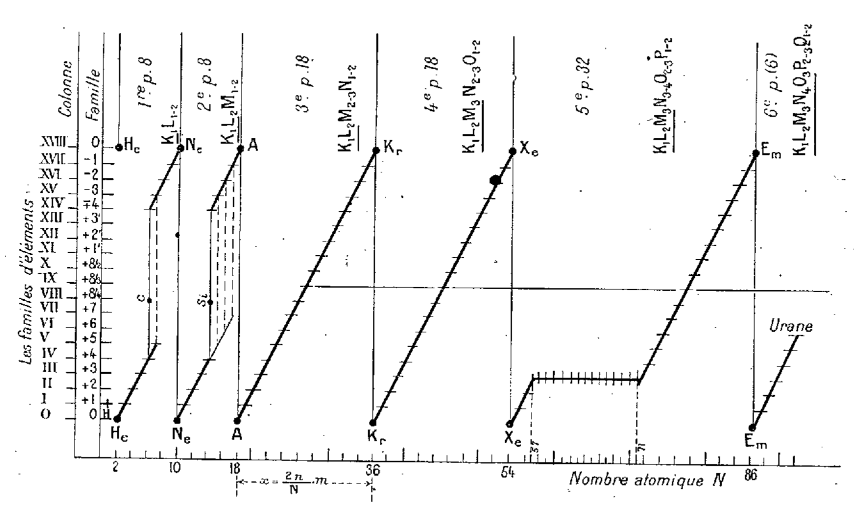
(¹) Séance du 29 septembre 1924.

les autres propriétés citées plus haut : la propriété des séries spectrales s'y rattache par la loi de Rydberg-Sommerfeld de déplacement des systèmes de séries spectrales, l'émission des lignes X par la loi de Bohr et de Broglie des niveaux successifs d'énergie K, L, M, N, ... qui caractérisent les six périodes des éléments; les propriétés spectrales des atomes ionisés par la loi de déplacement de Bohr et de Kossel-Sommerfeld des spectres d'étincelles, les propriétés électriques des atomes ionisés par la loi de l'effet Volta et d'électrisation X.

Colonne.....	0.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.	XVII.
Famille......	0.	$\overset{+}{1}$.	$\overset{+}{2}$.	$\overset{+}{3}$.	$\overset{+}{4}$.	$\overset{+}{5}$.	$\overset{+}{6}$.	$\overset{+}{7}$.	$\overset{+}{8}/4$.	$\overset{+}{8}/3$.	$\overset{+}{8}/2$.	$\overset{+}{1}'$.	$\overset{+}{2}'$.	$\overset{+}{3}'$.	$\overset{\pm}{4}$.	$\overset{-}{3}$.	$\overset{-}{2}$.	$\overset{-}{1}$.	0.
		H																	
N 2-10........	He	Li	Be	B	C	N									C	N	O	F	Ne
10-18........	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl						Al	Si	P	S	Cl	A
18-36........	A	K	Ca	Sc	Ti	Va	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
36-54........	Kr	Rb	Sr	Yt	Zr	Nb	Mo	=	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
54-86........	Xe	Cs	Ba	La															
				Ce															
				Pr															
				Nd															
				—															
				Sm															
				Eu															
				⋮															
				Yb															
				Lu	Hf	Ta	W	—	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	—	Em
86-92........	Em	—	Ra	Ac	Th	Pa	Ur												

Remarques. — I. Dans notre tableau les terres rares occupent une colonne naturelle III et appartiennent à une colonne naturelle $\overset{+}{3}$; les triades occupent trois colonnes VIII, IX, X, et se décomposent en trois familles : Fe, Ru, Os à valence principale paire $\overset{+}{8}$-$\overset{+}{4}$, Co, Rh, Ir à valence principale impaire $\overset{+}{3}$, Ni, Pd, Pt à valence principale paire $\overset{+}{2}$; les anciens sous-groupes de (Cu, Ag, Au), (Zn, Cd, Hg), (Ca, In, Ta) se rangent dans les colonnes suivantes XI, XII, XIII et forment de petites familles à part, se rattachant par bien des propriétés physiques (points de fusion, volumes atomiques, etc.) aux familles des triades précédentes, mais se rattachant aussi par les propriétés de valence $\overset{+}{1}'$, $\overset{+}{2}'$, $\overset{+}{3}'$, et par certains caractères spectraux aux familles respectives $\overset{+}{1}$, $\overset{+}{2}$, $\overset{+}{3}$, des métaux alcalins, alcalino-terreux, etc.

II. Le tableau précédent peut être représenté par un *graphique à deux dimensions* (voir la figure), en portant en abscisses les nombres atomiques



Système physique des éléments : représentation graphique des 18 familles et 6 périodes des éléments, avec indication des niveaux électroniques K, L, M, N, ...

des éléments et en ordonnées les familles ou colonnes successives O, I, ..., XVIII; les quatre premières périodes du graphique peuvent recevoir une interprétation analytique simple par un développement en série de Fourier

$$y - D = 2C \sum_{n=1}^{n=\infty} \left[-\frac{1}{n} \sin nx \, (-1)^n \right],$$

où D et C sont des constantes qui dépendent de l'origine et des unités admises pour les coordonnées et x est une fonction de la période N,

$$x = \frac{2\pi}{N} m,$$

avec $N = 8, 8, 18, 18$, pour les quatre périodes et $m = 1, 2, 3, \ldots, N$.

III. On remarque *dans le graphique* qu'il y a certains éléments des première et deuxième période qui peuvent appartenir à deux colonnes V et XV, VI et XVII, VII et XVII, et qu'il y a en outre le C et Si qui peuvent être inscrits dans trois colonnes IV, VIII, XIV. Ce fait s'interprète par une souplesse particulière dans la constitution intérieure électronique, qui entraîne tantôt des affinités +, tantôt des affinités —.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons silicatées de cadmium.* Note [1] de M. A. **Duboin**.

J'ai réussi à obtenir des combinaisons silicatées du cadmium en appliquant avec ses diverses variantes la méthode générale de synthèse [2] qui m'a permis d'obtenir de nombreux silicates doubles de potasse et d'autres bases.

On projette dans du fluorure de potassium fondu dans un creuset de platine de la silice, puis de l'oxyde de cadmium précipité jusqu'à ce que ce dernier cesse de se dissoudre : après refroidissement lent et reprise par l'eau, il reste un produit non cristallisé, constitué en grande partie par des grains sphériques, mais que je n'ai pu séparer complètement des aiguilles allongées, à contours arrondis.

J'ai alors laissé refroidir le culot et l'ai refondu avec un excès de chlorure de potassium. La chauffe a été prolongée dans quelques expériences jusqu'à 72 heures. Après refroidissement lent et reprise par l'eau, on trouve au fond du creuset un culot insoluble, de composition très variable, et un mélange de produits bien cristallisés.

Les liqueurs denses à bases d'iodomercurate de sodium ou de baryum donnent une partie légère, composée de cristaux prismatiques allongés, qui constituent la partie principale du produit qui, triés sous la loupe, ont été analysés de la façon suivante :

Un poids connu du produit est attaqué par l'acide chlorhydrique : la liqueur est évaporée à siccité au bain-marie et reprise par l'eau acidulée, ce qui donne la silice.

Dans la liqueur filtrée, le cadmium est précipité par l'hydrogène sulfuré, le précipité de sulfure de cadmium est transformé en sulfate que l'on pèse.

La liqueur filtrée, débarrassée du sulfure de cadmium, est additionnée d'acide sulfurique, évaporée à sec puis calcinée pour amener la potasse à l'état de sulfate neutre que l'on pèse.

La composition trouvée conduit à la formule $K^2O, CdO, 4SiO^2$.

---

(1) Séance du 13 octobre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. **114**, 1892, p. 1361; t. **115**, 1892, p. 56; t. **120**, 1895, p. 678; t. **123**, 1896, p. 698; t. **141**, 1905, p. 254; t. **146**, 1908, p. 489; t. **172**, 1921, p. 972.

	Trouvé.	Calculé.
SiO^2	51,04	51,95
CdO	27,39	27,70
K^2O	20,69	20,35
	99,12	100,00

Densité à 0° $D_0 = 3,086$

En même temps que ces cristaux j'ai obtenu la production de cristaux plus volumineux, mais plus rares; quoiqu'ils soient plus denses que les précédents, je n'ai pu les séparer par les liqueurs denses, et je n'ai pu m'en procurer une quantité suffisante qu'en multipliant les expériences. Le mélange qui les contenait ne renfermait plus que 4 pour 100 environ de potasse; malgré un triage très soigné je n'ai pu obtenir un produit complètement débarrassé de potasse, quoique je considère la potasse trouvée comme accidentelle.

Leur composition devrait correspondre à la formule $2CdO, SiO^2$ (1).

	Trouvé.	Calculé.
SiO^2	19,05	18,98
CdO	79,24	81,01
K^2O	1,27	
	99,56	99,99

Dans l'espoir d'éviter la formation du culot signalé dans les expériences précédentes, j'ai remplacé l'oxyde de cadmium par le fluorure, en opérant comme précédemment en présence du chlorure de potassium.

On sait que cette variante m'avait donné la leucite en très beaux cristaux.

Le culot disparaît, en effet, et l'on retrouve encore un mélange de divers produits.

J'ai encore isolé par triage à la main le premier silicate double obtenu précédemment; en plus, par un triage à la main de la partie lourde, des cristaux prismatiques d'une teinte jaune très claire, un peu aplatis, et qui

(1) Ces cristaux ont la forme de prismes à allongement positif, à extinction longitudinale. Ils sont parfois maclés suivant un plan parallèle à l'allongement, mais le mauvais état des faces ne permet pas de déterminations cristallographiques précises.

Les faces très développées de la zone d'allongement sont très inclinées sur la bissectrice aiguë qui est négative; l'angle des axes optiques est extrêmement petit.

Les indices de réfraction de ces cristaux sont supérieurs à celui de l'iodure de méthylène.

contenaient encore une petite quantité de potasse que je regarde comme accidentelle. Leur composition correspondrait à la formule $3CdO, SiO^2$.

	Trouvé.	Calculé.
SiO^2	13,92	13,51
CdO	85,38	86,48
K^2O	0,61	
	99,91	99,99

Il serait intéressant de reproduire ces derniers silicates par une autre méthode. J'ai essayé d'appliquer la méthode de Lechartier (fusion des éléments dans le chlorure de calcium fondu); elle ne donne pas le résultat cherché, car lorsqu'on ajoute de l'oxyde de cadmium à du chlorure de calcium en fusion, il se produit une double décomposition à la faveur de laquelle tout le cadmium se volatilise à l'état de chlorure.

MINÉRALOGIE. — *Analyse spectrale de la météorite du* 19 *juin* 1924. Note de M. **M. Risco.**

Nous avons étudié un morceau d'un demi-kilogramme de la météorite qui tomba à Olivenza, province de Badajoz (Espagne) le 19 juin à 9^h35^m, et dont le poids total était, selon nos références, de 100^{kg} environ.

Cette Note contient une avance des résultats obtenus, laissant pour un Mémoire qui paraîtra prochainement la publication du travail *in extenso*.

Nous avons suivi la méthode ordinaire de l'arc au charbon. L'échantillon analysé a été préparé soigneusement avec divers fragments pris de la masse intérieure du météorite.

Nous avons fait usage du spectrographe autocolimateur de Hilger, pourvu d'un réseau de 45000 lignes. Entre 3600 et 4600 u. A. plusieurs centaines de raies ont été mesurées par rapport aux étalons secondaires du fer sur des plaques photographiques du spectre de troisième ordre.

Tout d'abord on voit que le fer est un des corps prépondérants dans le météorite. Outre cet élément, environ trois cents raies ont été identifiées comme appartenant à d'autres substances.

Voici un cadre qui résume les résultats obtenus, et dans lequel nous avons procuré que chaque corps figure représenté par des raies d'intensités les plus différentes.

Longueurs d'onde en u.A.	Éléments.	Longueurs d'onde en u.A.	Éléments.
3619,38	Ni	3995,31	Co
42,67	Ti	4044,16	K
70,42	Ni	47,23	K
3732,03	Cr	48,74	Mn
3829,37	Mg	77,73	Sr
32,30	Mg	4102,96	Mn
38,30	Mg	21,33	Co
45,46	Co	4215,52	Sr
3902,25	V	54,34	Cr
05,53	Si	98,99	Ca
33,67	Ca	4300,56	Ti
44,01	Al	79,23	V
61,53	Al	4554,03	Ba(?)
68,47	Ca		

Le météorite contient donc : Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sr et Ba. Nous faisons quelques réserves concernant l'existence du Ba, parce que nous avons seulement pu trouver la raie la plus intense du spectre qui le caractérise.

Ces résultats ont été confirmés en mesurant des plaques photographiques du spectre de premier ordre entre 3500 et 5500 u.A.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches d'épanchement de l'Yémen.* Note (¹) de M. **David Rotman-Roman.**

Les *comendites* hololeucocrates forment à Wadi Hadgela (Hadjela) des coulées alternant avec des trachytes et des trachyandésites. Ce sont des roches à la pâte microcristalline fine, de couleur cendrée un peu rosée, dans laquelle sont disséminés des nombreux phénocristaux de quartz arrondis (jusqu'à 3^{mm} de diamètre) et de feldspath rose.

Au microscope, la roche accuse une structure porphyrique prononcée. La pâte présente tous les passages entre une structure microfelsitique jusqu'à une structure microcristalline en passant par une structure cryptocristalline prédominante; elle est constituée seulement par des minéraux

(¹) Séance du 29 septembre 1924.

blancs, mais elle est riche en une poudre noire fine représentant la place de métasilicates alcalins; il n'a pas été possible de déterminer la nature du feldspath à cause de la ténuité de leurs microlites; mais en aucun cas on n'a pu distinguer de macles. La poudre noire se concentre parfois pour former des petits nids; d'autres fois elle est agglomérée sur le contour des phénocristaux. On rencontre aussi de rares petites plages allongées de quartz à contours vagues. Les phénocristaux de quartz ont des formes arrondies par corrosion; ils renferment beaucoup d'inclusions d'apatite en prismes grêles. Ils sont parfois associés poécilitiquement à l'orthose microperthitique.

Les phénocristaux de feldspath constitués par une orthose microperthitique sont trois fois plus nombreux que ceux de quartz. Quoique partiellement corrodés eux aussi, ils gardent mieux que le quartz la netteté de leurs contours. Cette orthose est très riche en albite. Il y a d'ailleurs entre les phénocristaux de cette roche tous les passages d'une orthose microperthitique à de minces cordons d'albite et des plages dans lesquelles l'albite a envahi tout le cristal. Dans ces cas, qui sont aussi les plus fréquents, on observe les macles courtes, minces et serrées qui se répètent en rangs parallèles offrant l'aspect de la *Schachbrettalbite* très irrégulière.

Voici la composition chimique de cette comendite (densité 2,585) :

SiO^2	73,07
Al^2O^3	9,34
Fe^2O^3	6,98
FeO	0,37
MnO	0,43
MgO	1,34
CaO	2,04
K^2O	3,12
Na^2O	2,04
TiO^2	0,16
P^2O^5	1,07
P.a.f.	1,08
	101,04

2. Dans le *Wadi Saham*, près du village *Houmboulia*, on rencontre des coulées d'un *trachyte sodique hololeucocrate*. C'est une roche formée par de très petits phénocristaux d'une albite-oligoclase à 8-10 pour 100, disséminés dans une pâte microcristalline; ils sont tabulaires (2-3^{mm} de diamètre et de 0^{mm},5 d'épaisseur) et sont maclés suivant la loi de l'albite. La pâte est constituée par deux générations de minéraux. Une première

génération de microlites de plagioclase qui imprime à la roche une structure trachytique un peu divergente, et une deuxième génération constituée par une association à peu près panxénomorphe, formée par des microlites plus petits, un peu plus courts d'un feldspath maclé, et des grains très minces d'un minéral non maclé xénomorphe (quartz ?). On rencontre dans la pâte de nombreux nids sphériques de magnétite. Les microlites de plagioclase de la première génération ont la même composition que le feldspath en phénocristaux. La roche contient encore beaucoup de calcite et de chlorite dues à une influence hydrothermale.

3. Dans la région de *Menaka* on rencontre des coulées de laves à facies trachytique. Leur structure trachytique prononcée, ainsi que l'acidité de leur feldspath, nous empêchent de les ranger parmi les andésites, de même que le rôle tout à fait subordonné du quartz concentré dans la pâte nous détermine à ne pas les considérer comme des dacites.

Ces trachytes sont constitués seulement par du feldspath plagioclase et beaucoup moins de quartz, ils sont complètement dépourvus d'éléments colorés sauf un peu de magnétite. Malgré la teneur en potasse il n'a pas été possible de trouver dans ces roches aucune trace de feldspath potassique exprimé, sauf peut-être dans une dernière venue de la pâte, cristallisée avant le quartz. Ces trachytes, qui, d'après les indications que nous devons à la mission Botez, sont sans aucun doute des roches d'épanchement, doivent être considérés comme constituant une sous-famille à part dans la famille des trachytes, une sous-famille que nous nommerons celle des *plagitrachytes*, en réservant pour les types dont la pâte contient encore plus ou moins de verre le nom spécial de *hyaloplagitrachytes*.

Les phénocristaux appartiennent à l'oligloclase-andésine ou à une andésine acide (environ 35 pour 100 d'anorthite). Ils sont maclés suivant la loi de l'albite et de Carlsbad ou les lois de l'albite et de la péricline. Dans quelques-unes de ces roches, la pâte est constituée par de petits microlites minces d'une oligoclase renfermant environ 20 pour 100 d'anorthite; il existe peut-être aussi un peu d'orthose. De très petits grains de magnétite, parfois de la magnétite en poudre, imprègnent toute la pâte, en se localisant de préférence sur le pourtour des microlites de plagioclase. Une venue ultérieure apporta un peu de quartz et de calcite.

Voici les résultats de l'analyse (Dr N. Metta) :

SiO^2	55,95
Al^2O^3	13,52
Fe^2O^3	12,20
FeO	0,85
P^2O^5	1,13
MnO	1,64
MgO	0,71
CaO	6,17
K^2O	4,23
NaO	2,79
P.a.f.	0,61
	99,80

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des principes immédiats contenus dans les feuilles et l'épiderme des fruits du pommier.* Note de MM. **Gustave Rivière** et **Georges Pichard**, présentée par M. L. Maquenne.

La présence de la phlorizine dans les écorces de la tige et de la racine du pommier a été signalée depuis longtemps déjà, mais il ne semble pas que les auteurs des travaux faits sur ce glucoside se soient attachés, depuis Stas et de Konninck, à déterminer la composition des autres parties du végétal. Estimant qu'il devait s'y trouver des aliments de réserve intéressants à connaître, nous avons repris cette étude et examiné particulièrement les feuilles et l'épiderme des fruits du pommier.

Afin de n'altérer aucun des éléments recherchés et notamment de détruire les oxydases présentes, nous avons traité les feuilles fraîches par un excès d'alcool à 95°, d'abord à froid, puis à l'ébullition.

Quant à l'épiderme des pommes, il a été desséché à 50° sous pression réduite (150^{mm} Hg) dans un courant d'acide carbonique sec et ensuite épuisé à chaud par CCl^4 pour le dépouiller de ses matières cireuses; le résidu ne renfermait pas de phlorizine.

En ce qui concerne cette dernière partie de notre travail nous avons été devancés par M. C.-E. Sando (1). Celui-ci a en effet extrait des épidermes de pommes américaines (Ben Davis et black Ben Davis) les mêmes produits que nous avait donnés la variété française dite Reinette de Caux.

Nous avons retrouvé le triacontane $C^{30}H^{62}$ fusible à 64° et l'heptacosanol $C^{27}H^{55}OH$ fusible à 81°, ainsi qu'un corps à point de fusion élevé (285°)

(1) *Journ. biol. Ch.*, t. 56, 1923, p. 457; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 34, 1923, p. 1904.

qui répond à la formule $C^{30}H^{48}O^{3}$ et que Sando a désigné sous le nom de *malol*. Ce corps, très peu soluble dans CCl^{4}, cristallise pendant l'épuisement.

Nous avons obtenu en outre une petite quantité d'un mélange d'hydrocarbures saturés fondant aux environs de 30° et distillant entre 220° et 280° sous 12^{mm}, que nous n'avons pas séparés. Le courant de CO^{2} employé à la dessiccation a entraîné du géraniol que nous avons pu recueillir et caractériser par sa diphényluréthane fusible à 82° (¹). Mais c'est surtout sur les dérivés du malol que nous desirons appeler l'attention dans cette Note.

Parmi ces dérivés, Sando signale un monométhylmalol $C^{30}H^{47}O^{3}(CH^{3})$ fusible à 171°, un monoacétylmalol $C^{30}H^{47}O^{3}(CO\,CH^{3})$ fusible à 279-281°, un acétylméthylmalol $C^{30}H^{46}O^{3}(CH^{3})(CO\,CH^{3})$ fusible à 243-244° et un diacétylmalol $C^{30}H^{46}O^{3}(CO\,CH^{3})^{2}$ fusible à 199-200°.

D'après nos recherches ces dénominations sont incorrectes. Le malol est en réalité un acide-alcool et son dérivé que Sando décrit sous le nom de diacétylmalol n'est autre qu'un éther-sel anhydride mixte

$$C^{29}H^{46}\left\langle\begin{matrix}O.CO\,CH^{3}\\CO.O.CO\,CH^{3}\end{matrix}\right.;$$

en effet, il fond à 200° en se décomposant et se solidifie pour fondre à nouveau à 300°. Cette décomposition est un dédoublement de l'anhydride mixte en deux anhydrides symétriques : l'anhydride acétique qui peut être séparé par la distillation dans le vide et l'anhydride de l'éther acétique du malol, lequel, par hydratation, donne une monoacétine identique à celle que l'on obtient directement par l'action de l'alcool aqueux bouillant sur le prétendu diacétylmalol :

$$2\underset{\text{I.}}{\left.\begin{matrix}CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO\\CH^{3}-CO\end{matrix}\right\rangle O} = \left.\begin{matrix}CH^{3}.CO\\CH^{3}.CO\end{matrix}\right\rangle O + \underset{\text{III.}}{\left.\begin{matrix}CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO\\CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO\end{matrix}\right\rangle O}.$$

$$\left.\begin{matrix}CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO\\CH^{3}-CO\end{matrix}\right\rangle O + H^{2}O = CH^{3}.CO^{2}H + \underset{\text{II.}}{CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO^{2}H}.$$

$$\left.\begin{matrix}CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO\\CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO\end{matrix}\right\rangle O + H^{2}O = 2\,CH^{3}.CO^{2}.C^{29}H^{46}-CO^{2}H.$$

(¹) Les tubes de Vigreux dans lesquels circulait le gaz avaient été enduits intérieurement de vaseline ; celle-ci a été dissoute dans l'éther anhydre et traitée par le sodium. Le géraniol sodé, insoluble, a été lavé par décantation, puis délayé dans l'éther et traité par le chlorure de diphénylurée. Cette réaction nous a donné environ $0^{g},256$ de de géranyldiphényluréthane.

Ces formules sont vérifiées par ce fait que le dérivé I exige pour sa saponification et sa saturation complètes 3^{mol} d'alcali (NaOH trouvée : 22,1 pour 100 en moyenne; calculé : 22,2) et le composé II, 2^{mol} seulement, qu'il ait été obtenu par hydrolyse de l'éther anhydride I ou par celle de son produit de décomposition III par la chaleur (NaOH trouvée : 16 pour 100; calculé : 16,1).

Le malol est, du reste, un acide bien défini, qui peut se titrer exactement en solution alcoolique bouillante en présence de phtaléine et donne des sels alcalins et alcalino-terreux purs par ébullition avec un excès de carbonate dans l'alcool. Le sel de potasse a donné 48,8 pour 100 de chloroplatinate (calculé : 48,7) et le sel de baryte 22,2 de SO^4Ba (calculé : 22,3). Les sels de plomb, de cuivre et d'argent, insolubles, n'ont pas pu être préparés à l'état pur.

Inversement, ces sels peuvent être décomposés par un excès d'acide carbonique, ce qui montre qu'il doit y avoir entre ces deux corps un état d'équilibre susceptible de favoriser la migration du malol, sous la pression ordinaire, à travers les tissus vivants. Légèrement soluble à l'état de sel, le malol pourrait ainsi parvenir jusqu'à la surface du fruit où il serait insolubilisé, par déplacement, sous l'action de l'acide carbonique ou de l'acide malique.

En conséquence de ces observations nous pensons qu'il convient de remplacer le nom de malol par celui d'acide *maloloïque;* le monoacétylmalol de Sando n'est autre que sa monoacétine et le dérivé improprement appelé par le même auteur diacétylmalol est l'acétine de l'anhydride mixte formé par l'acide maloloïque et l'acide acétique.

Nous pensons que le radical de cette molécule complexe se rattache aux stérols; ce serait le premier corps de cette famille pourvu d'une fonction acide.

La partie de notre travail qui touche à l'étude des feuilles du pommier est en cours d'exécution; disons seulement pour prendre date que nous avons pu extraire de ces feuilles fraîches : 1° une quantité assez importante de phlorizine (environ 1 pour 100); 2° de la phlorétine; 3° environ 2,5 pour 100 de matières grasses qui sont à l'étude; 4° un produit très oxydable non encore identifié, et 5° à peu près 1 pour 100 du même acide maloloïque qui se trouve dans l'épiderme des fruits.

Remarquons en passant que la phlorizine qui est insoluble dans l'eau à la température ordinaire se rencontre en dissolution dans la feuille du pommier.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du rôle physiologique des tanins. Leur importance dans l'aoûtement des sarments de la vigne.* Note de **F. Picard**, présentée par M. H. Lecomte.

Dans une étude ([1]) sur l'aoûtement des sarments de la vigne, M. Kövessi énonçait les conclusions suivantes :

Le poids de substance sèche contenu dans un même poids ou dans un même volume de sarment vert est d'autant plus grand que le sarment est mieux aoûté.

Le poids de l'eau varie d'une manière inverse.

Le poids d'amidon renfermé dans un même volume de sarment vert est plus grand dans un sarment bien aoûté que dans un sarment mal aoûté....

...Il résulte de ce qui précède que, pratiquement, on peut déterminer le degré d'aoûtement d'un sarment d'après la quantité d'amidon et de substance sèche qu'il renferme.

Les mesures des diverses parties du sarment, la dimension du bois, du liber, de la moelle, comparatives aux analyses chimiques nous démontrent que la grosseur réelle du sarment n'indique pas toujours le bon aoûtement,

Il était intéressant de rechercher si les tanins, abondants dans presque tous les tissus des sarments, étaient en relation avec le degré d'aoûtement. J'ai opéré sur une série de vingt sarments analogue, à celle étudiée par M. Kövessi : même variété (*Vitis rupestris*, var. du Lot), même origine et même époque de récolte (fin décembre). Les sarments ont été classés par un spécialiste suivant leur degré d'aoûtement, le n° 1 correspondant au meilleur aoûtement, le n° 20 au moins bon aoûtement.

L'étude anatomique en a été faite; j'ai mesuré les différents éléments et observé la localisation des tanins chez les vingt sarments.

Les mensurations sont résumées dans le tableau ci-contre ainsi que les dosages d'amidon et de tanins effectués sur les mêmes sarments.

([1]) F. Kövessi, *Recherches biologiques sur l'aoûtement des sarments de la vigne*, 1901.

	Dimensions réelles				Dimensions relatives							
Numéro du sarment.	Rayon du sarment en millim.	Rayon de la moelle en millim.	Epaisseur du bois en millim.	Epaisseur du liber et de l'écorce en millim.	Moelle.	Bois.	Liber et écorce.	Densité.	Quantité de substance sèche dans 100g de sarment vert.	Quantité d'amidon pour 100g de sarment sec.	Quantité de tanins pour 100g de sarment sec.	Quotient $\frac{\text{Amidon}}{\text{Tanins}}$.
1.......	5,3	2,0	2,3	1,0	0,37	0,43	0,19	0,89	59,37	24,22	24,00	1
3.......	5,0	2,0	2,5	0,5	0,40	0,50	0,10	0,89	60,29	20,32	28,00	0,72
5.......	4,6	2,1	1,9	0,6	0,45	0,41	0,13	0,88	59,62	24,86	29,00	0,85
7.......	4,1	1,5	2,2	0,4	0,36	0,54	0,09	0,94	58,82	23,62	27,00	0,87
9.......	3,8	1,5	1,8	0,5	0,39	0,47	0,13	0,96	60,53	23,92	27,00	0,88
11.......	3,6	1,5	1,6	0,5	0,41	0,44	0,14	0,93	60,95	23,04	22,00	1,04
13.......	3,9	1,6	1,5	0,8	0,41	0,38	0,20	1,03	51,88	18,90	20,00	0,94
15.......	3,2	1,8	0,8	0,6	0,56	0,26	0,18	0,84	53,08	21,23	21,00	1,01
17.......	2,7	1,5	0,7	0,5	0,55	0,26	0,18	0,90	53,33	19,48	27,00	0,72
19.......	2,6	1,4	1,0	0,2	0,53	0,38	0,08	0,98	54,71	14,76	27,00	0,54

Ce tableau montre que :

La densité d'un sarment n'indique pas son degré d'aoûtement ;

Le sarment est d'autant mieux aoûté que son rayon est plus grand ;

La moelle est d'autant plus grande que le sarment est plus mal aoûté ;

Le bois, le liber et l'écorce sont plus importants chez les sarments bien aoûtés que chez les sarments mal aoûtés ;

La quantité de substance sèche augmente avec le degré d'aoûtement, mais c'est un indice sans valeur pratique, d'une façon certaine.

La proportion d'amidon est plus grande chez les sarments bien aoûtés que chez les sarments mal aoûtés.

La quantité de tanins ne semble pas être en rapport avec le degré d'aoûtement.

Ces résultats montrent qu'il est impossible de déterminer le degré d'aoûtement d'après les mesures des divers éléments ou d'après les dosages de l'amidon et des tanins.

Il est à remarquer dans les nombres ci-dessus que le quotient $\frac{\text{Amidon}}{\text{Tanins}}$ est plus grand pour les sarments moyennement aoûtés. Peut-être y a-t-il dans ce fait une indication, mais pour l'interpréter il faudrait être fixé sur le rôle des tanins. Si l'on admet que ce sont des produits d'excrétion dont le végétal ne fera aucun usage, les sarments pour lesquels le quotient est le plus grand doivent être considérés comme les mieux aoûtés; or, dans la série que j'ai observée il m'est impossible de considérer le sarment n° 11 comme mieux aoûté que le sarment n° 3. Si, au contraire, on considère les tanins

comme des corps utiles à la plante pour son développement, le quotient n'a plus aucun sens jusqu'à ce que les relations entre tanins et amidon soient établies.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse fermentaire de la gentiacauline. Obtention d'un xyloglucose, le primevérose.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

La gentiacauline est un glucoside jaune, cristallisé, que j'ai découvert, en 1913, dans le *Gentiana acaulis* L. ([1]). Ce glucoside fournit, par hydrolyse acide, un produit jaune cristallisé, insoluble dans l'eau, la gentiacauléine et un mélange, en proportions équimoléculaires, de glucose et de xylose ([2]).

Au moment de ces recherches, je n'avais trouvé aucun ferment susceptible de dédoubler ce glucoside. J'ai été ramené à en reprendre l'étude et j'ai reconnu que deux produits fermentaires effectuaient facilement l'hydrolyse de la gentiacauline. Le premier de ces produits est retiré des graines de *Rhamnus utilis* L. et a permis dernièrement à M. Charaux d'hydrolyser la rutine en quercétine et en un nouveau glucide, le rutinose, qui fournit à l'hydrolyse acide un mélange équimoléculaire de glucose et de rhamnose ([3]).

Le second est formé par la poudre fermentaire de *Monotropa Hypopitys* L. que j'avais préparée au cours de mes recherches sur cette plante.

L'hydrolyse de la gentiacauline est la même par l'un ou l'autre de ces deux produits, Elle fournit un principe cristallisé jaune, insoluble dans l'eau, la gentiacauléine, et un xyloglucose qui fait l'objet de cette Note.

Action du ferment des graines de Rhamnus utilis *L.* — A 100^{cm^3} de solution aqueuse de gentiacauline à $0^g,646$ pour 100, on a ajouté $0^g,50$ de ferment des graines de *Rhamnus utilis* L. préparé par M. Charaux suivant le mode opératoire qu'il a indiqué ([4]). Le liquide limpide est devenu immédiatement louche et, en une heure, il s'est déposé un produit cristallisé en aiguilles jaunes : la gentiacauléine. Au bout de 3 semaines,

---

([1]) *Application de la méthode biochimique à l'étude du* Gentiana acaulis *L.*; *obtention d'un nouveau glucoside, la gentiacauline* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 8, 1913, p. 241).

([2]) *Nouvelles recherches sur la gentiacauline* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 10, 1914, p. 329).

([3]) *Sur le dédoublement biochimique de la rutine. Rutinose, nouveau biose, provenant de ce dédoublement* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 631).

([4]) *Loc. cit.*, p. 634.

la rotation du liquide avait passé de $-50'$ ($l = 2$) à $-6'$ et il s'était formé $0^g,1782$ de sucre réducteur exprimé en glucose, pour 100^{cm^3}. Cette quantité de glucose correspond, ainsi qu'on le verra plus loin, à $0^g,282$ de xyloglucose, soit une proportion de 43,65 pour 100 de la gentiacauline. Dans l'hydrolyse totale, il doit s'en former 50,37 pour 100.

Pour extraire le sucre, on a opéré sur 7^g de gentiacanline que l'on a hydrolysée, dans 1000^{cm^3} d'eau, par 2^g de ferment. Après séparation de la gentiacauléine, concentration du liquide filtré, défécation à l'extrait de Saturne et élimination du plomb par l'hydrogène sulfuré, on a distillé le liquide aqueux à sec, sous pression réduite, sans dépasser $+50°$. L'extrait résiduel a été repris à l'ébullition par l'alcool à 90^c. Le sucre a cristallisé par refroidissement. On l'a purifié par cristallisations dans l'alcool à 90^c. On en a obtenu $0^g,75$.

Il cristallise anhydre en lames allongées, groupées. Il possède une saveur faiblement sucrée. Il fond instantanément au bloc Maquenne à $+210°$. Il est réducteur : 1^g réduit comme $0^g,631$ de glucose. Il possède la mutarotation comme tous les sucres réducteurs. Son pouvoir rotatoire initial a été trouvé de $[\alpha]_D = +24°,14$. Le pouvoir rotatoire stable est gauche, $[\alpha]_D = -3°,30$ ($p = 0,2520$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -10'$). Il donne avec l'orcine chlorhydrique à chaud la coloration violet bleu caractéristique des pentoses. Il est hydrolysable à chaud par l'acide sulfurique étendu. Son indice de réduction enzymolytique a été trouvé de 513 et de 510. Le pouvoir rotatoire du sucre formé par hydrolyse est $[\alpha]_D = +35°,98$: un mélange équimoléculaire de xylose et de glucose possède un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D = +37°,22$.

Le xylose et le glucose ayant été obtenus à l'état cristallisé du mélange de sucres provenant de l'hydrolyse acide de la gentiacauline, il n'y a aucun doute sur la nature du glucide que l'on vient d'obtenir.

Action de la poudre fermentaire de Monotropa Hypopitys *L.* — L'opération a été conduite comme précédemment et l'on a obtenu une quantité de xyloglucose représentant 49,84 pour 100 de la gentiacauline. Le sucre a été extrait à l'état cristallisé en suivant le même mode opératoire. Il possède les mêmes propriétés : point de fusion, $+210°$; pouvoir rotatoire stable, $[\alpha]_D = -3°,86$; pouvoir réducteur : 1^g réduit comme $0^g,643$ de glucose; indice de réduction : 505.

L'action des deux produits fermentaires sur la gentiacauline est donc la même.

A l'heure actuelle, un seul xyloglucose a été obtenu à l'état cristallisé, c'est le primevérose de MM. Goris, Mascré et Vischniac (1). Le

(1) *Glucosides et essences de Primevère* (*Bull. Sci. pharmacol.*, t. 19, 1912, p. 577 et 648).

point de fusion et le pouvoir rotatoire du xyloglucose de la gentiacauline concordent étroitement avec ceux du primevérose. Le pouvoir réducteur et l'indice de réduction sont différents : 1^g de xyloglucose de la gentiacauline réduit comme $0^g,631$ et $0^g,643$ de glucose et 1^g de primevérose comme $0^g,590$ et $0^g,623$. L'indice de réduction du premier est de 513, 510, 505 et, d'après les chiffres de MM. Goris, Mascré et Vischniac [1], j'ai calculé pour le primevérose un indice de 542 ou de 582.

Malgré ces divergences qu'on arrivera sans doute à expliquer et à faire disparaître d'ici quelque temps, je pense que les deux sucres sont identiques et que l'on peut conclure des expériences ci-dessus que la gentiacauline fournit par hydrolyse fermentaire de la gentiacauléine et du primevérose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évolution remarquablement régulière de certains rapports physiologiques (chaux, magnésie, potasse) dans les feuilles de la vigne bien alimentée.* Note de MM. **H. Lagatu** et **L. Maume**, présentée par M. P. Viala.

Sur un coteau siliceux (Grammont près Montpellier), dans une vigne d'aramon qui, par des engrais annuels appropriés, est *bien alimentée*, nous avons en 1923, le 18 de chaque mois, de mai à septembre, prélevé un échantillon des deux feuilles de la base des sarments fructifères, afin d'y étudier l'évolution des rapports des principes minéraux. Nous avons commencé par la chaux, la magnésie et la potasse.

Rapportées à 100 de matière sèche, les masses M_x de chaux, M_y de magnésie, M_z de potasse, trouvées aux différentes époques, figurent au Tableau I. Ces mêmes résultats, exprimés à l'aide d'une commune mesure chimique, l'univalence-milligramme alcaline susceptible de neutraliser exactement une molécule-milligramme d'acide chlorhydrique, fournissent des nombres directement comparables (inscrits aussi au Tableau I) :

$$A_x = 1000\frac{M_x}{\frac{1}{2}CaO}, \qquad A_y = 1000\frac{M_y}{\frac{1}{2}MgO}, \qquad A_z = 1000\frac{M_z}{\frac{1}{2}K^2O}.$$

Leur somme est $S = A_x + A_y + A_z$; on a donc $1 = \frac{A_x}{S} + \frac{A_y}{S} + \frac{A_z}{S}$ et, en posant $x = \frac{A_x}{S}$, $y = \frac{A_y}{S}$, $z = \frac{A_z}{S}$, on a $1 = x + y + z$.

L'univalence ou unité alcaline apparaît ainsi comme la somme de trois

(1) *Loc. cit.*, p. 588 et 589.

fractions de natures différentes. C'est là ce que nous appelons l'*unité alcaline composite*.

Il a paru commode de prendre, comme nombres à comparer,

$$X = 100x, \quad Y = 100y, \quad Z = 100z, \quad \text{avec} \quad X + Y + Z = 100.$$

Cela revient à exprimer l'unité en centièmes, ordre de grandeur auquel atteint la précision de nos mesures et de nos comparaisons. Ces nombres X, Y, Z sont également inscrits au Tableau I.

TABLEAU I.

Époques d'échantillonnage.	Masses pour 100g de matière sèche.			Univalences-milligr. alcalines pour 100g de matière sèche.			Alcalinité totale pour 100g de mat. sèche	Constitution de l'unité alcaline composite (en centièmes).		
	CaO M_x.	MgO M_y.	K^2O M_z.	CaO A_x.	MgO A_y.	K^2O A_z.	S.	CaO X.	MgO Y.	K^2O Z.
18 mai.	1,90	0,19	2,32	67,86	9,45	49,36	126,67	53,57	7,46	38,97
18 juin.	2,95	0,30	2,40	105,36	14,93	51,06	171,35	61,49	8,71	29,80
18 juill.	3,85	0,39	1,99	137,50	19,40	42,34	199,24	69,01	9,74	21,25
18 août.	5,90	0,59	1,86	210,71	29,35	39,18	279,64	75,35	14,15	10,50
18 sept.	7,00	0,69	1,43	250,00	34,33	30,43	314,76	79,42	10,91	9,67

En coordonnées trilinéaires (triangle de référence rectangle isoscèle, X compté horizontalement, Y verticalement), les systèmes de valeurs simultanées X, Y, Z des cinq prélèvements ont leurs points représentatifs sensiblement sur une même droite $Y = mX + P$. La condition que cette droite passe exactement par les points de juin et d'août donne l'équation numérique $Y = 0,129X + 0,77$.

Des deux relations simultanées $X + Y + Z = 100$ et $Y = mX + P$ il résulte que *deux quelconques des variables* X, Y, Z *sont liées entre elles par une équation linéaire* : et c'est là un premier fait physiologique remarquable.

Portons maintenant, en simples coordonnées rectangulaires, le temps t compté en mois (18 mai $t = 0$; 18 juin $t = 1$; etc.) comme abscisse, et l'alcalinité potasse Z comme ordonnée. Les positions des cinq points suggèrent qu'ils sont sur une parabole à axe vertical, ayant par suite une équation de la forme $Z = A + Bt + Ct^2$. Si l'on pose comme conditions qu'elle passe exactement par les trois points d'abscisses 0 (mai), 2 (juillet), 4 (septembre), on a l'équation numérique

$$Z = 38,97 - 10,395\,t + 0,7675\,t^2.$$

Nous assignons ainsi aux trois variables X, Y, Z et au temps t les relations suivantes :

$$\begin{aligned} &X + Y + Z = 100, & & X = \frac{1}{1+m}\left[100 - P - A - Bt - Ct^2\right], \\ &Y = mX + P, & \text{d'où} \quad & Y = \frac{m}{1+m}\left[100 + \frac{P}{m} - A - Bt - Ct^2\right], \\ &Z = A + Bt + Ct^2, & & Z = A + Bt + Ct^2. \end{aligned}$$

Chacune des trois variables X, Y, Z a donc, en fonction du temps, des valeurs successives toutes représentées par une parabole d'axe $t = -\frac{B}{2C}$. En partant des deux équations numériques déjà indiquées, on trouve :

$$X = 53,375 + 9,207\,t - 0,6798\,t^2,$$
$$Y = 7,655 + 1,188\,t - 0,0877\,t^2,$$
$$Z = 38,970 + 10,395\,t + 0,7675\,t^2.$$

L'axe commun est $t = 6,77$. Le sommet est un maximum pour X et Y, un minimum pour Z. Le Tableau II donne l'approximation.

TABLEAU II.

Constitution de l'unité alcaline composite (en centièmes).

Temps en mois t.	Valeur expér.	Valeur calculée	Erreur absolue	Erreur relative
	Alcalinité chaux.			
	X_1.	X.	$X_1 - X$.	$\frac{X_1 - X}{X_1}$.
0 (mai)	53,57	53,375	+0,195	+0,004
1 (juin)	61,49	61,902	−0,412	−0,007
2 (juillet)	69,01	69,069	−0,059	−0,001
3 (août)	75,35	74,876	+0,474	−0,006
4 (septembre)	79,42	79,323	+0,100	+0,001
	Alcalinité magnésie.			
	Y_1.	Y.	$Y_1 - Y$.	$\frac{Y_1 - Y}{Y_1}$.
0 (mai)	7,46	7,655	−0,195	−0,026
1 (juin)	8,71	8,755	−0,045	−0,005
2 (juillet)	9,74	9,680	+0,060	+0,006
3 (août)	10,50	10,430	+0,070	+0,007
4 (septembre)	10,91	11,004	−0,094	−0,009
	Alcalinité potasse.			
	Z_1.	Z.	$Z_1 - Z$.	$\frac{Z_1 - Z}{Z_1}$.
0 (mai)	38,97	38,97	0	0
1 (juin)	29,80	29,342	+0,458	+0,015
2 (juillet)	21,25	21,25	0	0
3 (août)	14,15	14,693	−0,543	−0,038
4 (septembre)	9,67	9,67	0	0

En dehors de trois cas (d'ailleurs explicables) où l'erreur relative

s'exprime en centièmes, la concordance de l'expérience et du calcul s'exprime par une erreur relative de 0,001 à 0,009 : elle est tout à fait remarquable pour un phénomène physiologique aussi complexe, un espace de temps de quatre mois et des variations aussi grandes des trois variables.

Nous considérons donc comme démontrée dans ce cas l'étroite solidarité, telle que nous l'avons formulée, des états successifs du chimisme des feuilles pour ce qui concerne les trois bases : chaux, magnésie et potasse.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un organisme du type Ichthyophone parasite du tube digestif de la Lote d'eau douce.* Note de M. L. **Léger**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note antérieure (¹) Léger et Hesse ont fait connaître, dans l'intestin des Truites sauvages des Alpes ainsi que de divers Salmonides d'élevage, la présence d'un organisme parasite qu'ils rattachent au genre *Ichthyophonus* et auquel ils ont donné le nom de *Ichthyophonus intestinalis*. Cette appellation montrant qu'il est à distinguer de l'*I. Hoferi* reconnu par Hofer (1893) puis Laveran et Pettit (1910) comme l'agent d'une épidémie fort meurtrière en Salmoniculture. Celui-ci est en effet susceptible de généralisation dans les divers organes où il présente des stades rameux, tandis que le premier reste localisé au tractus intestinal où, toujours sous la forme sphérulaire, il ne paraît jamais occasionner de troubles graves.

Ces deux espèces d'Ichthyophone sont les seules connues actuellement chez les Poissons d'eau douce et elles ont été jusqu'ici exclusivement rencontrées chez les Salmonides. Nous allons décrire ici une nouvelle espèce d'Ichthyophone que nous avons rencontrée dans la Lote d'eau douce (*Lota vulgaris* C. et V.) et qui nous paraît mériter un intérêt particulier du fait que déjà des organismes de même nature ont été vus dans les Gadides marins (Williamson, 1913) ; ce qui a fait admettre l'hypothèse que ceux-ci pouvaient transmettre l'*I. Hoferi* si funeste aux Truites d'élevage, lorsque ces dernières sont alimentées artificiellement avec du poisson de mer.

L'Ichthyophone de la Lote est, comme l'*I. intestinalis*, un parasite apparemment non pathogène et purement localisé au tractus intestinal, estomac et intestin. Il se distingue de celui-ci par sa taille toujours plus petite, 20 à 25$^{\mu}$ au lieu de 40, et la présence de stades en boudin ou en

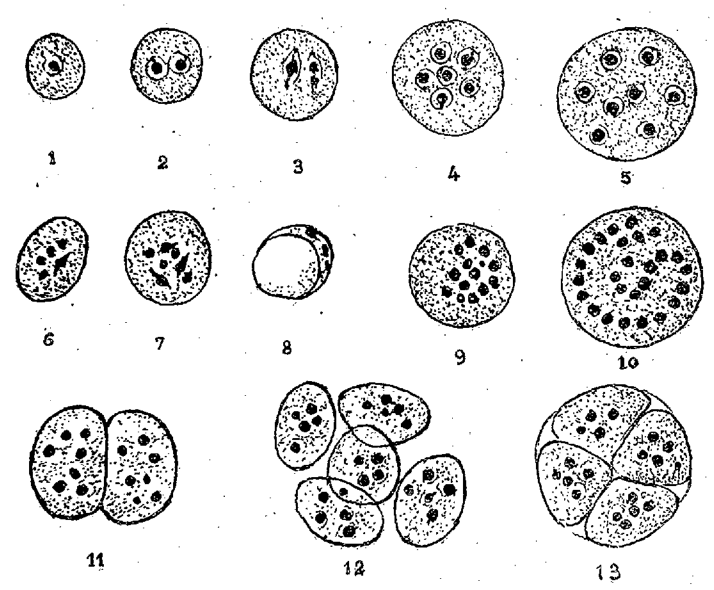
---

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 420.

biscuit qui n'existent pas chez *I. intestinalis*. Nous le désignerons sous le nom de *Ichthyophonus lotæ* n. sp.

Le parasite, qui a été observé en hiver dans les Lotes du lac Léman, semble d'autant plus fréquent que les Poissons sont plus gros. De petites Lotes de 15^{cm} ne le montrent environ qu'une fois sur dix, tandis que des sujets de 25 à 30^{cm} en renfermaient une fois sur deux.

A la surface interne de la paroi stomacale, les parasites se présentent parfois conglomérés en amas formant des sortes de boules gélatineuses englobées dans le mucus gastrique et comportant souvent plusieurs centaines d'éléments granuleux, sphériques ou ovoïdes de 10 à 25$^{\mu}$. Plus rares sont, dans ces mêmes amas, des parasites étirés en biscuit ou allongés en boudin, formes qui ne s'observent pas dans l'*I. intestinalis*. Sur toute la longueur de l'intestin on ne trouve plus que des formes sphériques éparses.



Ichthyophonus lotæ n. sp. × 1000. Frottis coloré à l'Hém. Fer. 1 à 5, stades à gros noyaux peu nombreux; 6 à 10, stades à noyaux massifs et nombreux. En 8, stade dégénéré simulant un *Blastocystis*; 11 à 13, divers types de schizogonie.

Au terme de leur croissance, les éléments parasitaires qui montrent de nombreux noyaux, se découpent par une sorte de schizogonie radiaire en 2 (*fig*. 11), 3, 4, 5 (*fig*. 12) et jusqu'à 8 éléments (*fig*. 13) comportant un nombre variable de noyaux, ordinairement de 4 à 6, souvent de taille inégale. Les divisions en 4 ou 5 sont les plus fréquentes. La schizogonie

s'effectue directement sans enkystement préalable et les éléments qui en proviennent d'abord polyédriques puis ovoïdes, se dissocient rapidement (*fig.* 12) et reprennent peu à peu la forme sphérique. Ils continuent alors à grossir en multipliant leurs noyaux par mésomitose avec centrosome intranucléaire. Les rares individus de forme allongée, se découpent de la même façon en série linéaire simple ou double selon leur grosseur et peuvent ainsi donner de 2 (formes en biscuit) jusqu'à 12 éléments selon leur taille.

Nous croyons devoir distinguer, dans les innombrables parasites que l'on observe sous la forme sphérulaire dans l'estomac ou dans l'intestin, deux types : l'un à noyaux gros relativement peu nombreux et régulièrement répartis dans le cytoplasme (*fig.* 1 à 5), l'autre à noyaux plus petits, massifs et nombreux, tantôt épars, mais le plus souvent disposés en une spirale irrégulière (*fig.* 6 à 10). Parmi ceux-ci, certains stades dégénérés montrent une grosse inclusion rejetant les noyaux vers la surface et simulent des *Blastocystis* (*fig.* 8).

Le type à gros noyaux a généralement un cytoplasme plus clair et montre toute la série (*fig.* 1 à 5) depuis des stades de 9^{μ} à un noyau central, jusqu'à des stades de 20 à 25^{μ} avec une dizaine de noyaux, parfois davantage. Ces noyaux pourvus d'un gros nucléole, d'un centrosome et d'une membrane nucléaire bien visible, se multiplient lentement par mitose. Les premiers noyaux se disposant régulièrement en cercle vers le centre de l'élément (*fig.* 4).

Dans le type à petits noyaux, ceux-ci, d'apparence massive, sont d'abord tassés au centre; puis, devenus plus nombreux par mitoses simultanées, ils se disposent en un cordon spiralé pour s'éparpiller par la suite (*fig.* 6 à 10). Ici, les plus petits stades sont toujours multinucléés et il semble bien qu'ils dérivent directement de la schizogonie, tandis que les plus gros stades qui peuvent renfermer plus de 30 noyaux avec une taille de 25 à 26^{μ} sont sans doute des schizontes. Par contre, nous ne pouvons dire quelle est la destinée des formes à noyaux gros et peu nombreux et nous ne sommes pas davantage fixés sur l'origine des stades uninucléés qui en représentent le point de départ et que l'on trouve d'ailleurs assez rarement (*fig.* 1). Nous avons à la vérité observé, deux fois dans une préparation, des éléments sphériques multinucléés dont le contenu s'échappait sous forme de petits corps amœboïdes à un noyau ; mais comme il s'agissait de parasites recueillis sur un sujet mort depuis quelque temps il est possible qu'il s'agisse là d'un état d'altération.

Les essais de culture ne nous ont donné d'autre part et jusqu'ici que des

résultats incertains, de sorte que la position systématique de cette nouvelle espèce reste aussi indécise que celle de l'*I. intestinalis*, forme incontestablement très voisine et que nous ne pouvons encore démontrer qu'il s'agisse de Phycomycètes voisins des Chytridinées comme Plehn et Mulsow l'ont montré pour l'*I. Hoferi*.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'utilisation de l'azote minéral par les microsiphonées du sol*. Note de M. G. GUITTONNEAU, présentée par M. Lindet.

Les Microsiphonées sur lesquelles j'ai précédemment attiré l'attention s'attaquent à la matière organique azotée qu'elles désagrègent ([1]). Mais elles peuvent aussi se trouver, dans la terre et dans le terreau, en présence d'azote ammoniacal, d'azote nitreux ou d'azote nitrique. Comme la nature des aliments assimilables présents dans le sol est le facteur essentiel qui y conditionne la prolifération et par suite la répartition des diverses espèces, il m'a semblé nécessaire d'étudier de près l'utilisation de ces trois formes de l'azote minéral par les sept organismes dont j'essaie de préciser le rôle ([1]).

Cette utilisation de l'azote minéral est évidemment subordonnée à la qualité des aliments carbonés ternaires, source d'énergie offerte, dans les cultures, aux organismes envisagés. Parmi ces aliments, j'ai choisi la glycérine et la mannite, le glucose, le saccharose et l'amidon, polyalcools et glucides qui m'ont semblé les mieux indiqués pour ces recherches. Les résultats rapportés par Münter et par Selman A. Waksman, dans leurs travaux sur les Actinomycètes, m'ont guidé dans ce choix.

Par contre, j'ai abandonné le mode d'appréciation adopté par ces auteurs, dans lequel on se borne à chiffrer grossièrement la valeur des aliments essayés, en attribuant aux organismes qui les utilisent des notes en rapport avec le degré de développement qu'ils acquièrent sur des milieux synthétiques gélosés convenablement établis. Il est facile, en effet, et beaucoup plus précis, de peser les récoltes obtenues en milieu liquide, ou de doser l'azote qu'elles fixent à l'état organique.

I. Les cultures indiquées dans le tableau I sont obtenues, en couche mince, dans des fioles coniques de 60^{cm^3} renfermant 20^{cm^3} de la solution minérale précédemment définie ([2]), enrichie de 1 pour 100 d'aliment carboné ternaire et de 1 pour 1000 d'ali-

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 895 et 1383; t. 179, 1924, p. 512.
([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1384.

ment azoté minéral, en présence d'un léger excès de carbonate de chaux. Elles ont été maintenues à 20-25° pendant un temps au moins suffisant pour que les plus avancées d'entre elles aient utilisé la totalité de l'azote mis à leur disposition, puis filtrées à la trompe sur filtre taré qui retient le mycelium avec quelques impuretés (carbonate de chaux en excès, dépôt du milieu minéral, fragments de gélose provenant des ensemencements). Ces impuretés sont éliminées par des lavages à l'acide chlorhydrique très dilué et à l'eau bouillante. Après avoir déterminé le poids du mycelium séché à l'étuve à 100°, on peut doser l'azote qu'il contient (Kjeldahl). La teneur en azote du mycelium ainsi lavé et séché est toujours voisine de 10 pour 100.

Tableau I.

	Poids du mycelium sec en milligrammes.						
Aliment organique.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
1. Cultures sur carbonate d'ammoniaque (durée de l'expérience : 46-48 jours) :							
Glycérine	34	20	32	16	34	26	16
Mannite	2	17	36	1	4	27	1
Saccharose	0	17	18	1	1	2	1
2. Cultures sur nitrite de soude (durée de l'expérience : 24-34 jours) :							
Glycérine	24	6	5	24	27	29	16
Mannite	3	7	2	1	4	34	0
Saccharose	0	18	3	0	9	1	0
3. Cultures sur nitrate de potasse (durée de l'expérience : 23-32 jours) :							
Glycérine	16	1	5	32	43	47	4
Mannite	4	3	16	3	2	41	4
Saccharose	0	1	10	3	2	15	5

II. Les chiffres précédents montrent que la glycérine favorise particulièrement l'assimilation de l'azote minéral. Je lui ai comparé, à ce point de vue, le glucose et l'amidon dans une expérience, dont le Tableau II donne les résultats, et qui a duré de 23 à 32 jours.

Dans ces essais chaque culture de 20^{cm^3}, préparée et traitée comme il a été dit plus haut, a reçu une dose d'azote voisine de 3 milligrammes (de $2^{mg},8$ à $3^{mg},4$) sous la forme de sulfate d'ammoniaque, de nitrite de potasse ou de nitrate de potasse. C'est ici le poids de l'azote fixé dans le mycelium qui permet le mieux d'apprécier le développement des organismes. Le poids même de ce mycelium, qui ne peut être déterminé directement avec une exactitude suffisante dans les cas où l'amidon n'a pas été totalement saccharifié par l'organisme lui-même, s'obtiendra approximativement comme nous le savons, en multipliant par 10 les chiffres du Tableau II.

Tableau II.

Aliment organique.	Azote du mycelium en milligrammes. N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
1. Cultures sur sulfate d'ammoniaque :							
Glycérine	2	0,2	2,1	3,3	1,9	3	1
Glucose	2,4	0,5	1,6	2,1	1,9	2,1	0,7
Amidon	1,8	0,4	2,7	3,1	2,7	3,4	0,6
2. Culture sur nitrite de potasse :							
Glycérine	2,2	0,2	0,5	2,3	2,4	2,8	0,9
Glucose	2	0,2	0	2,4	1,2	2,3	0,3
Amidon	0,1	0,1	0,3	2,6	2,5	2,3	0,2
3. Cultures sur nitrate de potasse :							
Glycérine	1,3	0	0,3	1,9	2,8	2,8	0,3
Glucose	3	0,5	0,6	2,1	0,7	2,4	0,2
Amidon	2	0	1,4	2,6	0,6	2,3	0,3

Conclusion. — L'examen des résultats rapportés dans cette Note montre que les microsiphonées peuvent assimiler l'azote nitrique, l'azote nitreux et l'azote ammoniacal.

Dans les conditions de mes expériences, l'azote ammoniacal semble être, d'une manière générale, plus favorable à l'ensemble du groupe que l'azote nitreux ou que l'azote nitrique. Mais les différences constatées sont, dans la plupart des cas, peu importantes (Tableau II) et c'est surtout la nature de l'aliment carboné ternaire employé comme source d'énergie qui conditionne le développement des organismes dans les milieux synthétiques étudiés (Tableaux I et II).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude des sérums normaux.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Dans une Communication récente [1], nous avons signalé la curieuse propriété des sérums humains normaux qui, fréquemment toxiques quand on les introduit dans la circulation du cobaye, perdent leur nocivité lorsqu'ils sont soumis pendant quelques minutes à l'action du vide et reprennent

[1] Auguste Lumière et H. Couturier, *Sur la toxicité des sérums normaux* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 218).

leur toxicité primitive quand ils sont traités par l'acide carbonique sous pression.

Nous avons donné de ces faits une interprétation que les constatations expérimentales suivantes ont mise en défaut :

Partant d'un sérum humain normal, fortement convulsivant, en injection dans le cœur gauche du cobaye à la dose de 1^{cm^3} et tuant l'animal en quelques minutes, nous avons placé ce sérum sous la cloche à vide à 37° pendant 15 minutes ; il se fait alors une floculation relativement grossière qui peut être injectée de la même façon dans le sang du cobaye sans occasionner d'autres symptômes qu'une légère agitation.

Si l'on centrifuge énergiquement ce sérum, de façon à éliminer le floculat aussi complètement que possible, l'injection intravasculaire du liquide sérique limpide ne déclenche plus aucune crise convulsive, mais il provoque un choc grave qui débute 5 minutes après l'administration de la dose déchaînante et se traduit par de la paralysie progressive, bientôt suivie de coma et de la mort au bout d'un quart d'heure environ.

L'action du vide n'avait donc pas détruit la toxicité du sérum qui se trouvait seulement masquée par la présence du floculat dont le rôle de protection sera expliqué plus loin.

Un sérum humain, primitivement toxique, traité par le vide, parfaitement clarifié par centrifugation et mélangé, *in vitro*, avec du sérum de cobaye normal, se trouble en quelques minutes; si, après une heure de contact, on centrifuge ce mélange pour le débarrasser du précipité formé, son injection est complètement inoffensive.

La floculation qui se produit par l'action réciproque des sérums, quand on les mélange en dehors de l'organisme, doit aussi se faire « *in vivo* » et c'est elle qui est évidemment responsable des accidents paralytiques.

Nous avons montré antérieurement qu'on pouvait éviter les chocs, dans une certaine mesure, par une injection intra-vasculaire préalable d'un précipité chimiquement inerte quelconque, à la seule condition de la choisir sous un état physique convenable qui ne soit pas lui-même trop agressif. On accoutume ainsi, par une irritation modérée, les terminaisons nerveuses endovasculaires à l'excitation brusque par les floculats qui est le point de départ des chocs.

C'est la formation d'un précipité protecteur, par l'action du vide, qui masque la toxicité du sérum par ce mécanisme d'accoutumance.

Ces constatations expliquent aussi la raison pour laquelle les auteurs qui ont étudié la toxicité des sérums ont observé deux sortes d'accidents,

lorsque les doses injectées ne sont pas suffisantes pour entraîner la mort rapide.

Aussitôt après l'injection surviennent, en général, des convulsions qui durent pendant quelques minutes; l'animal semble se rétablir puis, plus tardivement, un nouveau choc à forme paralytique se manifeste.

Dans le mélange des colloïdes naturels, il se produit fréquemment des floculations successives, comme nous l'avons constaté pour les extraits tissulaires ([1]); à chaque période de floculation correspond une crise, et le caractère de ces crises varie suivant l'état physique du précipité, les premières vaccinant, partiellement au moins, contre les suivantes.

Le sérum humain normal, lorsqu'il est toxique, introduit dans le sang du cobaye, donne une première précipitation immédiate qui déclenche les phénomènes convulsifs puis, au bout de quelques minutes, une nouvelle floculation surgit qui amène la paralysie et le coma.

Ces effets des floculats sont supprimés ou atténués considérablement par l'existence d'un précipité vaccinant préformé dans le sérum déchaînant, soit que ce précipité résulte de l'action du vide, soit qu'on l'introduise dans ce sérum sous forme de suspension de sulfate de baryte, d'encre de Chine ou de toute autre substance insoluble.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 13 octobre 1924.)

Pages 1 et 4 de la couverture, *au lieu de* 16 octobre, *lire* 13 octobre; même correction au titre de la page 645.

([1]) Aug. Lumière et H. Couturier, *Sur les propriétés toxiques des extraits et des autolysats tissulaires* (*Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. **21**, 1924, p. 716-721).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 OCTOBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

La mort vient de nous enlever le grand ingénieur des constructions navales qu'a été **Louis-Émile Bertin**, doyen de la Section de Géographie et Navigation, qui présida notre Académie en 1922.

Né à Nancy en 1840, il passa par l'École Polytechnique et en sortit dans le Génie maritime (octobre 1860). Dès l'année 1864, deux années à peine après sa sortie de l'École d'application, il se fit remarquer par des travaux importants sur l'assainissement des navires à vapeur par une ventilation beaucoup plus forte qu'on ne l'avait obtenue jusque-là.

Depuis longtemps, l'ancienne marine à voiles tentait d'améliorer l'état sanitaire des bâtiments destinés aux transports des malades, des hommes et des animaux; mais les résultats obtenus par le moyen de la ventilation à bras restèrent très insuffisants; et ils l'étaient encore au début de la marine à vapeur.

M. Bertin eut l'idée très simple de ménager, dans la construction de la coque du navire, de longs tuyaux ou canaux d'appel d'air, aboutissant à l'enveloppe des cheminées des machines : la chaleur de ces cheminées produit un tirage énergique, utilisé par M. Bertin pour le renouvellement de l'air des parties basses du navire. Les premiers essais de ce dispositif, appliqués à un transport déjà existant, le *Calvados*, eurent un plein succès : la mortalité des malades transportés diminua immédiatement des trois quarts; et en outre la durée des navires en bois se trouvait doublée. Sur un rapport de Dupuy de Lôme, notre Académie attribua le prix Plumey (1872) à M. Bertin, après

avoir ordonné l'insertion, dans le recueil des *Savants Étrangers*, du Mémoire où il décrivait les moyens employés et les résultats obtenus. La publicité donnée par l'Académie à la ventilation du *Calvados* fit entreprendre à l'étranger de nombreuses applications du même système.

De très bonne heure aussi, dès 1865, M. Bertin envisagea l'étude des mouvements des navires produits par les vagues de haute mer. Peu après (1867-1868) il imagina un instrument enregistreur, un *oscillographe*, pour perfectionner ces recherches, qu'il a poursuivies pendant longtemps. Les conséquences pratiques en furent l'amélioration de la stabilité contre le roulis, par l'accroissement de la résistance de la coque dans l'eau, au moyen de quilles latérales. Ce procédé, essayé d'abord avec succès sur de petits bâtiments, a été adopté partout; et même il s'est montré plus efficace encore sur les grands navires que sur les petits. Ces recherches valurent à leur auteur une partie d'un prix extraordinaire de six mille francs, de 1882.

Un troisième ordre de recherches fructueuses, entreprises par M. Bertin dès 1870, fut la protection des navires de guerre contre l'effet destructif des projectiles.

L'augmentation des épaisseurs de blindage, exigée par les progrès incessants de l'artillerie, donnait lieu à des difficultés de tout ordre pour la flottabilité des navires, surtout pour ceux de faible déplacement. Pour les vaincre, M. Bertin imagina la ceinture de blindage combinée avec une tranche cellulaire voisine de la ligne de flottaison, tranche destinée à limiter la grandeur des avaries. Il appliqua d'abord cette méthode à des navires de petit déplacement, restés jusque-là sans protection, et il les composa d'une tranche cellulaire protégée, placée au-dessus d'un pont blindé recouvrant les cales et les parties vitales du navire.

Cette forme, plus ou moins modifiée, s'est généralisée : en 1885 on comptait, à flot ou en chantier, 17 navires à flottaison cellulaire ou protégés, tandis qu'en 1896 on en comptait 120.

L'étude des conditions d'équilibre des navires actuels, aux formes infiniment variées, est beaucoup plus difficile que dans les anciens, fréquemment semblables dans leurs formes. M. Bertin a, des premiers, procédé à des études d'équilibre au moyen de modèles réduits, dont l'usage s'est généralisé depuis.

Tous ces travaux lui avaient valu une réputation de précurseur. Lorsque le Japon voulut construire une flotte moderne, et s'adressa au Gouvernement français, celui-ci désigna M. Bertin, qui resta de 1886 à 1890 en Extrême-Orient. Il établit les plans de croiseurs très puissants dont l'appa-

rition a fait époque, car ils avaient une vitesse alors énorme de 17 nœuds; et depuis la bataille du Yalou (1894) ils ont plusieurs fois fait leurs preuves.

De retour en France, M. Bertin se remit au service de l'État et conçut le plan du *Henri IV*, à faible vitesse, mais très protégé et fortement armé.

Il avait écrit une *Histoire des grandes guerres civiles du Japon* et créé la *Société franco-japonaise de Paris*. Notre confrère s'est éteint sans souffrances mercredi dernier 22 octobre, à la Glacerie, près de Cherbourg, où il passait ordinairement la saison d'été. J'offre à ses enfants les plus vives condoléances de l'Académie.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la nature du mouvement d'un corps céleste fluide autour de son centre de gravité*. Note de M. **Paul Appell**.

L'observation montre que le Soleil et certaines planètes qui sont à l'état fluide ne tournent pas tout d'une pièce autour d'un axe passant par leur centre de gravité. Il semble qu'on puisse donner de ce fait les raisons mathématiques suivantes.

En étendant au cas d'attractions newtoniennes extérieures le raisonnement employé dans le Tome IV de mon *Traité de Mécanique*, on démontre qu'une masse fluide dans laquelle la densité ρ est constante ou dépend de la seule pression P a nécessairement, comme mouvement par rapport à son centre de gravité G, une rotation uniforme autour d'un axe de direction fixe. J'établis ce résultat dans un Mémoire actuellement à l'impression aux *Acta mathematica* et je montre qu'il semble pouvoir être étendu à des masses fluides hétérogènes quelconques.

Imaginons alors une masse fluide qui se meut tout d'une pièce de telle façon que son mouvement autour de G soit une rotation uniforme. Nous prendrons l'axe de rotation pour axe Gz; nous aurons $p = q = 0$, $r = r_0$. Deux cas sont à distinguer.

D'abord si l'axe de rotation est un axe principal d'inertie relatif à G, les équations d'Euler donnent $L = M = N = 0$. L'attraction des masses intérieures admet, quel que soit t, une résultante passant par G; mais la variété de ces masses et de leurs mouvements permet d'admettre que cette propriété a lieu pour l'attraction d'un seul point sur la masse; alors, inversement l'attraction de la masse fluide sur un point extérieur, qui se réduit toujours

à une force unique, passe par G; les surfaces de niveau sont des sphères de centre G, cas qui se présente, en particulier, si la masse est homogène et sphérique, ou hétérogène et composée de couches homogènes sphériques de centre G.

Ensuite si l'axe de rotation n'est pas un axe principal pour G, on peut appliquer, au mouvement autour de G, les équations qui résultent du théorème des moments des quantités de mouvement et qui conduisent aux équations d'Euler généralisées où figurent les produits d'inertie D, E, F. On obtient alors $L = Dr_0^2$, $M = -Er_0^2$, $N = 0$.

Or les valeurs de L, M, N ne vérifiant, en général, quel que soit t, ni les unes ni les autres conditions, la masse ne peut pas se mouvoir tout d'une pièce.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Une expérience démontrant la symétrie entre la croissance et la décroissance des cristaux.* Note de M. G. FRIEDEL.

Les nombreuses mesures faites sur les vitesses de croissance ou de dissolution des cristaux ont toujours montré les vitesses de croissance faibles et fortement différenciées suivant les directions, les vitesses de dissolution, à égale distance de la saturation, beaucoup plus grandes et sensiblement indépendantes de la direction. On a conclu souvent à une dissymétrie physique entre les deux phénomènes. Valeton (¹) a insisté récemment, avec juste raison, sur cette idée, déjà ancienne mais souvent perdue de vue, que le contraste entre la croissance et la décroissance est dû à une cause purement géométrique, et que la dissymétrie physique entre les deux processus n'est ni vraisemblable ni nécessaire pour expliquer leur contraste.

Il est vraisemblable, au contraire, que *pour une même direction de la surface* du cristal, les vitesses de croissance et de dissolution, mesurées pour des concentrations également distantes de la saturation et très voisines de celle-ci, sont égales. Je reproduis ici le raisonnement de Valeton. L'équilibre de saturation est, selon toute apparence, un équilibre cinétique et non statique. La vitesse V de croissance d'une face du cristal est la différence entre deux fonctions de la concentration C. L'une mesure le nombre de molécules ou d'ions dont la solution bombarde le cristal et dont celui-ci retient une quantité A; l'autre mesure le nombre B de ces éléments que le

(¹) *Zeitschr. f. Kr.*, t. 59, 1924, p. 135-169, 335-365, et t. 60, 1924, p. 1-38.

cristal émet vers la solution. Ces deux fonctions sont évidemment continues. Leur différence A — B, qui est la vitesse de croissance, est donc continue aussi. Pour la concentration de saturation C_0, il ne se passe rien de particulier dans les fonctions A et B, si ce n'est qu'elles deviennent égales. Il y a donc toute apparence que la courbe des vitesses en fonction des concentrations est une courbe continue, qui n'a de particulier que de passer par le point $C = C_0$, $V = 0$. De part et d'autre, à égales distances suffisamment petites de ce point, les ordonnées V sont donc sensiblement égales et de signes contraires.

D'autre part, le contraste entre la croissance et la décroissance s'explique entièrement par le fait qu'en réalité on ne peut pas, en opérant sur des cristaux convexes, mesurer les vitesses de croissance et de décroissance pour une même direction d'un élément de surface. On sait en effet que, dans la croissance d'une forme convexe, les faces lentes, qui sont des plans réticulaires denses, dont les vitesses de croissance sont des minima discontinus par rapport à celles des directions voisines, ne tardent pas à effacer les formes à grandes vitesses de croissance. C'est le phénomène bien connu de la cicatrisation, et la raison d'être des formes cristallines polyédriques. Dans la décroissance, au contraire, ce sont les formes à grandes vitesses qui détruisent les faces lentes. Nous devons à Valeton aussi de mieux comprendre comment le retard dû à la diffusion réduit pratiquement toutes ces grandes vitesses à une même vitesse effective limite, d'où les formes arrondies (sphériques à la limite) qui caractérisent la décroissance d'une forme convexe. Il résulte de là que, si l'on peut bien mesurer, dans la croissance d'une forme convexe, la vitesse de croissance d'un élément de surface parallèle à l'une des faces lentes, il est *impossible* de mesurer la vitesse de dissolution de ce même élément de surface, parce que la surface ne peut lui rester parallèle dans la décroissance, mais dévie nécessairement vers des directions de grandes vitesses. Inversement, d'ailleurs, on peut bien, sur un cristal convexe, mesurer les vitesses de dissolution (peu différentes entre elles) des surfaces à grandes vitesses; mais il est impossible de mesurer les vitesses de croissance de ces mêmes surfaces, parce que, dans la croissance, ces surfaces sont détruites au profit des faces lentes. D'où le contraste entre dissolution et croissance.

Mais si ces considérations sont exactes, la parfaite symétrie entre croissance et dissolution doit se rétablir lorsque, au lieu de comparer entre elles la croissance et la décroissance d'une forme convexe, on compare la croissance d'une forme convexe à la décroissance d'une forme concave, ou la décroissance d'une forme convexe à la croissance d'une forme concave.

En effet, dans la dissolution d'une forme concave, ce sont les faces lentes qui doivent effacer les rapides, tout comme dans la croissance d'une forme convexe. L'inverse a lieu pour la croissance qui, dans les formes concaves, doit effacer les faces planes au profit des formes arrondies rapides.

On a déjà dans les figures de corrosion la preuve qu'il en est bien ainsi. Dans le cas habituel, où elles sont obtenues par corrosion d'une face cristalline lente P, leurs bords *convexes* sont limités par des surfaces courbes à grandes vitesses peu inclinées sur la face P. Mais dans leur fond *concave* on voit souvent apparaître une face P′ parallèle à la face attaquée. Tandis que les formes latérales arrondies détruisent, en avançant rapidement, la face lente P, la face lente P′ au contraire se développe aussi rapidement aux dépens de ces formes arrondies dans le fond de la cavité. Elle est d'ailleurs, en général, seule à apparaître, les autres faces lentes faisant avec P des angles trop grands pour pouvoir s'amorcer dans les formes arrondies latérales, peu inclinées sur P. C'est bien ce qui doit être prévu.

Mais ces figures de corrosion constituent un cas complexe, d'interprétation parfois délicate, parce qu'elles offrent le mélange de formes concaves dans leur fond et convexes (ou plus exactement à double courbure) sur leurs bords. Dans l'intention de vérifier d'uue manière plus évidente ce qui précède et de mieux mettre en lumière la symétrie des deux processus, j'ai cherché à réaliser un cas plus simple. Rien n'est plus facile, et chacun peut répéter aisément l'expérience suivante :

Dans un cristal limpide d'alun ordinaire, on a creusé mécaniquement une cavité cylindrique de 2^{mm} de diamètre et de 5^{mm} de longueur, terminée par un fond grossièrement hémisphérique. Le cristal a été ensuite verni, y compris la partie cylindrique de la cavité, en ne laissant libre que le fond. Puis, au moyen d'un tube effilé, on a fait passer dans le fond de la cavité un courant d'une solution aqueuse d'alun faiblement désaturée.

Très rapidement, l'examen par réflexion a montré l'apparition, sur la surface attaquée du fond de la cavité, de facettes brillantes d'octaèdre, de cube et de dodécaèdre. Puis, l'attaque ayant été poursuivie, la cavité n'a pas tardé à se transformer en un véritable *cristal négatif*, limité uniquement par des faces planes. Ces faces sont, exactement comme pour les cristaux convexes d'alun formés en solution aqueuse à la température ordinaire, celles de l'octaèdre dominant, et celles du cube et du dodécaèdre rhomboïdal plus réduites, mais plus brillantes encore et mieux planes, sur les sommets et les arêtes. Rien n'est plus frappant que cet essai si simple, et il est surprenant qu'il ne paraisse pas encore avoir été fait.

Il est à remarquer que cette expérience, qualitative jusqu'à présent,

pourra sans doute servir à résoudre quantitativement la question de la comparaison des vitesses de croissance et de décroissance d'une même face lente; question qui est insoluble si l'on s'adresse uniquement aux formes convexes. Ce n'est, de même, qu'en comparant la décroissance d'un cristal convexe à la croissance d'une cavité concave que l'on pourra comparer les vitesses de croissance et de décroissance des formes rapides.

Tel qu'il est, cet essai montre en tout cas que dans la dissolution d'une forme concave, en solution faiblement désaturée, les faces lentes sont exactement les mêmes que celles qui, dans la croissance en solution de même nature faiblement sursaturée, présentent les vitesses minima. Et le développement relatif des diverses formes lentes, qui est sensiblement le même dans les deux cas, prouve que les vitesses de ces diverses formes sont entre elles, au moins approximativement, dans les mêmes rapports pour la croissance et la décroissance. La parfaite symétrie des deux processus est ainsi démontrée.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les grands bassins artésiens des États-Unis* Note (1) de M. **Edouard Imbeaux**.

Dans les nappes aquifères et les bassins artésiens des terrains sédimentaires plus anciens que ceux considérés antérieurement (2), les eaux y sont naturellement plus profondes et souvent passent à des profondeurs de plus en plus grandes, devenant inaccessibles.

Les bassins à considérer entre les éléments positifs sont :

1° *Le bassin des côtes de l'Atlantique et du golfe du Mexique*, avec l'*Embayment du Mississippi* (ancien golfe remontant au Nord jusqu'à Cairo). Il est compris entre l'Appalachia et les dômes de Cincinnati-Nashville, d'Ozark et de Llano (où l'archéen remonte à ou près de la surface) d'une part et la mer d'autre part (ou plutôt, les couches se continuant sous la mer, les effondrements de la Méditerranée caraïbe). Les couches crétacées et tertiaires, s'adossant à l'élément positif, se succèdent en bandes longitudinales plongeant toutes vers la mer (ou l'embayment), se recouvrant les unes les autres jusqu'à la dernière bande formée par les alluvions quaternaires de la *plaine côtière* proprement dite. Les couches perméables forment

(1) Séance du 29 septembre 1924.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 726.

autant de nappes artésiennes devenant vers le Sud, le Sud-Est et l'Est de plus en plus profondes. Ce sont :

TERRAINS QUATERNAIRES.

Nappe phréatique, rarement artésienne (exceptionnellement dans les graviers de Lissie, Tex.).

TERRAINS TERTIAIRES.

Pliocène :	F^{ion} de Lafayette, Charlton ou Reynosa; rarement artésienne.
Miocène	Sables du groupe de Chesapeake (de N.J. à Sth Car.) (f^{ions} de Yorktown, S^{t}-Marys, Cohansey et Calvert), ou calcaires et sables de Jacksonville f^{ion} (Florida) et de Dewitt f^{ion} (Tex.).
Oligocène marin	1° Calcaires de Chattahoochee (Sth. Ca, Ga et Fla), grès et sables de Grand Gulf. (Al. et Miss.), ou de Catahoula (La et Tex.). 2° Calcaires de Vicksburg (S. Ca, Ga, Fla, Al., Miss., La et Tex.).
Éocène marin	Sables verts du groupe de Pamunkey (de Mar. à S. Ca) ou sables et calcaires de (S.Ca, Ga., Al., Miss., Ark., Mo., Ten., Ky., La. et Tex.). 1° Jackson f^{ion}. 2° Claiborne group. (Sables de Gosport de Cockfield ou d'Yegua f^{ion}.) 3° Wilcox f^{ion}. (Sables de Sabine ou f^{ion} de Lagrange.) 4° Midway f^{ion}. (S. Ca et Ga seulement.)

TERRAINS SECONDAIRES.

Crétacé supérieur	1° Sables de Rancocas, de Ripley ou de Peedee (de N. Y. à Ga) ou sables de Nacatoch (Ark., Okl. et Tex.). 2° Sables de Matawan, d'Eutaw ou de Black Creek. 3° Sables de Magothy et Raritan (N.Y. à N.Ca), de Tuscaloosa (Al. et Miss.), de Bingen ou de Woodbine (Ark., Okl. et Tex.).
Crétacé inférieur	Sables de Patuxent (Potomac group.), (de N.J. à Ga et Al.) ou sables de Trinity (séries de Comanche) (Ark., Okl. et Tex.).
Trias :	Grès de Brunswick et grès de Stockton (Newark) (de N.Y. à S. Ca).

Les puits artésiens se comptent par milliers et atteignent souvent plusieurs nappes superposées (il y en a parfois jusqu'à 12 ou 13) : les zones de jaillissement sont étendues et occupent les parties basses, avec de longs prolongements vers le Nord-Ouest le long des vallées fluviales.

2° *Bassin primaire au sud des Grands Lacs.* — J'ai subdivisé en deux l'immense cuvette située au sud de la Laurentia, entre les Appalaches à l'Est et les Montagnes Rocheuses à l'Ouest : la partie orientale, appelée Central Lowland, est occupée par les terrains primaires, qui plongent vers le Sud en s'adossant au flanc du massif laurentien. Les couches perméables

qui affleurent au Nord deviennent artésiennes en s'enfonçant de plus en plus vers le Sud, et elles finissent par être trop profondes sous l'immense étendue des bassins carbonifères (bassin des Appalaches, bassin du Michigan, bassin intérieur de l'Est et bassin intérieur de l'Ouest), qui sont eux-mêmes constitués principalement de couches imperméables.

TERRAINS PRIMAIRES.

Carbonifère	Permien : Généralement peu aquifère. Nappes dans les grès de Quartermaster et de Whitehouse (Ka, Okl. et Tex.).
	Pennsylvanien : Peu aquifère. Nappes dans les grès de Conemaugh et dans les grès de la base : f^{ions} de Sharon (Pottsville) ou de Cherokee et de Graydon (Ia, Mo, Ka), ou d'Atoka (Ark. et Okl.).
	Mississippien : Petites nappes dans : 1° Grès et calcaires de Chester (Ia, Ill., Mo) ou d'Archimedes (Ark. et Okl.); 2° Calcaires de Saint-Louis et de Burlington (Ia, Ill., Mo) ou de Boone (Ark. et Okl.); 3° Grès de Berea ou de Marshall (Pa, Mich.).
Dévonien	1° Grès des Catskill;
	2° Grès de Portage;
	3° Calcaires d'Onondaga ou de Jeffersonville;
	4° Grès d'Oriskany et calcaires de Helderberg inférieur.
Silurien	1° Calcaires de Cayuga ou de Lewistown (de V^{ia} à Al.);
	2° Calcaires du Niagara (dolomie);
	3° Grès et calcaires de Clinton;
	4° Grès de Medina et d'Oneïda, ou de Tuscarosa (V^{ia} et W. V.).
Ordovicien supérieur et moyen	1° Calcaires de Trenton;
	2° Grès de Saint-Peter (1er grès).
Ordovicien inférieur et Cambrien	1° Grès de Theresa f^{ion} ou de New Richmond (W^{n}, M^{a}, I) (1);
	2° Grès de Jordan;
	3° Grès de Potsdam ou de Dresbach, ou grès de La Motte (Ark., Okl. et Tex.).

Ce sont les grès de Saint-Peter, de Jordan et de Potsdam qui contiennent les nappes les plus importantes : elles sont sous pression dans tout l'État d'Iowa et le nord de l'Illinois, les affleurements alimentaires occupant le sud du Minnesota et du Wisconsin.

3° *Bassin crétacé et tertiaire des grandes plaines centrales.* — Les couches

(1) Ces terrains deviennent plus calcaires au Sud : calcaires de Chazy et grès calcifère (de N.-Y. à V^{ia}), dolomie de Knox (de V^{ia} à Al.), calcaires de Jefferson City, grès de Roubidoux (2^{e} grès), calcaires et grès de Gasconade (3^{e} grès) dans Mo., Ark., Okl. et Tex.

crétacées affleurant à l'Ouest du bord occidental du bassin précédent s'enfoncent vers l'Ouest et le Nord-Ouest pour se redresser brusquement contre la paroi Est des Montagnes Rocheuses. On a ainsi une vaste cuvette avec un point bas vers Denver (le toit du grès de Dakota y arrive au niveau de la mer) et une pente générale vers le Nord; les couches tertiaires se sont déposées dans la moitié occidentale. Voici les niveaux d'eau :

TERRAINS TERTIAIRES.

Pliocène et Miocène.	1° F^{ion} d'Ogalalla ou f^{ion} de Blanco (N. M. et Tex.); 2° Base de Arikaree et Gering f^{ions} (Loup Fork group.).
Éocène continental.	Grès et conglomérats d'Arapahoe f^{ion} (ou Lance f^{ion} au Nord).

TERRAINS SECONDAIRES.

Crétacé supérieur.	1° Grès de Fox Hills ou de Trinidad (K., Col., et N. M.); 2° Calcaires de Niobrara; 3° Grès de Carlile et calcaires de Greenhorn (f^{ion} de Benton).
Crétacé inférieur.	Grès de Dakota-Lakota.

La nappe du grès de Dakota règne sur une grande partie des États du Colorado (E), Kansas, Nebraska, Wyoming (E), South et North Dakota, et elle a dans ces deux derniers États une zone de jaillissement très étendue (Vallées du Missouri et de ses affluents, James R^{r}, Cheyenne R^{r}, White R^{r}, etc.). Cette nappe s'alimente non seulement des pluies tombées sur les affleurements du grès, mais encore par la pénétration dans le grès des eaux de ruissellement d'une longue bande montagneuse qui la domine du côté Ouest.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** fait savoir à l'Académie qu'il a nommé MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** membres du *Conseil de Perfectionnement de l'École polytechnique*.

M. **Jean Rey** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la division des applications de la science à l'industrie, par la mort de M. *H. de Chardonnet*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *John William Strutt, third baron Rayleigh, O. M., F. R. S.*, by his son Robert John Strutt, fourth baron Rayleigh, F. R. S.

2° *La chronométrie pratique en France. L'horlogerie française en* 1823 *et* 1923, par Auguste Lebeuf.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les involutions exceptionnelles des fonctions algébroïdes.* Note [1] de M. **Paul Montel**.

1. Considérons une fonction $u(z)$ algébroïde dans un domaine (D). Elle vérifie une équation de la forme

$$(1) \qquad f(u) \equiv u^\nu + g_1 u^{\nu-1} + \ldots + g_\nu = 0,$$

dans laquelle $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$ sont des fonctions de z, holomorphes dans (D).

Soit

$$(2) \qquad \varphi(u) \equiv \lambda_\nu u^\nu - C_\nu^1 \lambda_{\nu-1} u^{\nu-1} + C_\nu^2 \lambda_{\nu-2} u^{\nu-2} - \ldots + (-1)^\nu \lambda_0 = 0$$

une équation en u, de degré ν, à coefficients constants. On dit que les racines des équations (1) et (2) sont en involution pour une valeur particulière de z lorsque l'expression

$$(f, \varphi) = \Sigma (u_1 - \alpha_{i_1})(u_2 - \alpha_{i_2}) \ldots (u_\nu - \alpha_{i_\nu})$$

est égale à zéro. Dans cette expression, $u_1, u_2, \ldots, u_\nu$ désignent les différentes déterminations de $u(z)$; $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \ldots, \alpha_{i_\nu}$ les ν racines $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\nu$ de l'équation (2) et la somme Σ est étendue à toutes les permutations $i_1, i_2, \ldots, i_\nu$ des ν premiers entiers. Cette condition peut s'écrire, à un facteur constant près,

$$(3) \qquad \gamma(z) = \lambda_0 + \lambda_1 g_1 + \lambda_2 g_2 + \ldots + \lambda_\nu g_\nu = 0.$$

Si l'équation (2) est de degré inférieur à ν, la relation d'involution se déduit aisément de la première et la condition conserve la forme (3), dans laquelle on suppose nuls certains coefficients.

Il existe en général des valeurs de z pour lesquelles $\gamma(z)$ est nul. Si $\gamma(z)$ ne s'annule pas dans (D), nous dirons que les valeurs $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\nu$ forment

[1] Séance du 20 octobre 1924.

pour la fonction $u(z)$ un *système exceptionnel de valeurs* ou encore que l'involution (f, φ) est une *involution exceptionnelle*.

Lorsque $\alpha_1 = \alpha_2 = \ldots = \alpha_\nu = u_0$, $\varphi(u)$ devient égal à $(u - u_0)^\nu$ et u_0 est alors une valeur exceptionnelle de $u(z)$ au sens ordinaire. Si les involutions

$$(f, \varphi), \quad (f, \varphi'), \quad (f, \varphi''), \quad \ldots, \quad [f, \varphi^{(h-1)}]$$

sont toutes exceptionnelles, u_0 sera appelée une *valeur exceptionnelle d'ordre de multiplicité h*. Elle est alors exceptionnelle pour les fonctions algébroïdes définies au moyen de $f, f', f'', \ldots, f^{(h-1)}$.

On voit qu'à une involution exceptionnelle pour u correspond une combinaison exceptionnelle pour le système des ν fonctions $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$, et inversement (¹). La combinaison exceptionnelle peut être du premier ou du second type : l'involution correspondante sera dite aussi du premier ou du second type.

Supposons que les fonctions $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$ soient entières et que l'une d'elles ne soit pas un polynome. On démontre la proposition suivante :

Théorème. — *Le nombre des involutions exceptionnelles à l'extérieur d'un cercle ne peut dépasser* $2\nu - 1$.

Il ne peut y avoir plus de $\nu - 1$ *involutions exceptionnelles du premier type, ni plus de* ν *du second type.*

Ce théorème suppose que $\nu + 1$ combinaisons linéaires ou ν formes linéaires correspondantes soient toujours indépendantes.

En particulier : la somme des degrés de multiplicité des valeurs exceptionnelles ne peut dépasser $2\nu - 1$. Il ne peut y en avoir plus de $\nu - 1$ du premier type, ni plus de ν du second.

Lorsque les valeurs exceptionnelles sont simples on retrouve une proposition de M. G. Rémoundos (²) et une proposition de M. Th. Varopoulos (³).

On peut remarquer que le nombre des involutions exceptionnelles est le même pour toutes les algébroïdes correspondant à des systèmes équivalents de fonctions $g_1, g_2, \ldots, g_\nu$. Appelons algébroïdes de même classe les fonctions relatives à des systèmes équivalents. L'étude des involutions exceptionnelles de l'une d'elles peut servir à celle de la classe tout entière.

(¹) *Sur les familles complexes* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 660).

(²) *Sur les zéros d'une classe de fonctions transcendantes* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2ᵉ série, t. 8, 1903, p. 1).

(³) *Sur le nombre des valeurs exceptionnelles des fonctions multiformes* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 306).

2. Considérons maintenant la famille des fonctions algébroïdes définies, dans un domaine (D) contenant l'origine, par les équations

$$(1) \qquad f(u) = u^{\nu} + g_1 u^{\nu-1} + \ldots + g_{\nu} = 0,$$

dans lesquelles

$$g_i(z) = a_i + b_i z + \ldots.$$

THÉORÈME. — *Les algébroïdes définies par l'équation* (1) *forment une famille normale lorsqu'elles possèdent* 2ν *involutions exceptionnelles correspondant à deux tableaux triangulaires, si les valeurs des coefficients* a_i *sont données ou bornées de manière que les combinaisons linéaires associées soient différentes pour* $z = 0$.

Il en est, en particulier, ainsi lorsque les algébroïdes possèdent deux valeurs exceptionnelles u_1 et u_2 d'ordre de multiplicité ν, en supposant que les différences $f(u_1) - f(u_2)$, $f'(u_1) - f'(u_2)$, ..., $f^{(\nu-1)}(u_1) - f^{(\nu-1)}(u_2)$ soient toutes différentes de zéro pour $z = 0$.

Les algébroïdes de la même classe que la première forment aussi une famille normale.

Dans tout domaine intérieur à (D), les fonctions $u(z)$ ont un module borné par un nombre Ω qui ne dépend que de $a_1, a_2, \ldots, a_{\nu}$ et u_1, u_2. Pour $\nu = 1$, on retrouve le théorème de M. Schottky.

Supposons aussi donnés les nombres $b_1, b_2, \ldots, b_{\nu}$ non tous nuls : *il existe un nombre* R *ne dépendant que des* a_i, *des* b_i *et de* u_1, u_2, *tel que, à l'intérieur d'un cercle de centre origine et de rayon supérieur à* R, *la fonction algébroïde n'admette plus* u_1 *ou* u_2 *comme valeur exceptionnelle d'ordre* ν.

Pour $\nu = 1$, on retrouve le théorème de M. Landau.

Les théorèmes précédents sont encore vrais si l'on remplace les λ_i par des polynomes en z. Les involutions sont alors relatives aux différentes déterminations d'une fonction algébrique.

Je laisse de côté l'extension des résultats précédents aux algébroïdes non entières, ainsi que la généralisation de la notion d'involution exceptionnelle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une représentation paramétrique intrinsèque de la courbe continue la plus générale.* Note (1) de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Émile Borel.

Utilité d'une représentation paramétrique intrinsèque. Lorsqu'une courbe continue est donnée par l'intermédiaire d'une de ses représentations paramétriques, on court le

(1) Séance du 13 octobre 1924.

risque de voir masquer la régularité de la courbe par des singularités analytiques de la représentation qui ne tiennent qu'au choix du paramètre adopté. Par exemple les fonctions qui effectuent la représentation peuvent n'avoir même pas de dérivées premières partout, alors que la courbe a partout une tangente, une courbure, etc.

La représentation obtenue en prenant l'arc pour paramètre échappe en partie à ce défaut en ce sens que le paramètre est intrinsèque. Mais elle n'est applicable qu'aux courbes rectifiables. Pourtant dans bien des domaines de l'Analyse et de la Topologie, il serait utile de posséder une représentation intrinsèque de la courbe continue la plus générale.

Exemple d'une telle représentation. — Nous avons pu démontrer (la démonstration paraîtra ailleurs) que l'on peut obtenir une telle représentation de la façon suivante. Soit C une courbe continue quelconque (*rectifiable ou non*). Désignons par Os (MM') l'*oscillation* d'un arc MM' de la courbe, c'est-à-dire la longueur de la plus grande corde de cet arc.

Désignons par $F(0)$, $F(1)$ les extrémités de la courbe C. *Il existe au moins un point — que nous pourrons désigner par* $F\left(\frac{1}{2}\right)$ — *de la courbe* C, *tel qu'il sépare la courbe* C *en deux arcs dont les oscillations sont égales*. Et un tel point est distinct des extrémités de C. Opérons sur chacun de ces deux arcs comme sur C. Nous diviserons le premier arc $F(0)\,F\left(\frac{1}{2}\right)$ par un nouveau point $F\left(\frac{1}{4}\right)$ en deux arcs dont les oscillations sont égales. De même on aura

$$\text{Os}\, F\left(\frac{1}{2}\right) F\left(\frac{3}{4}\right) = \text{Os}\, F\left(\frac{3}{4}\right) F(1).$$

On opérera de même sur chacun des 4 arcs obtenus et ainsi de suite. On définira ainsi un point $F(r)$ de la courbe pour toute valeur de r représentable sous la forme d'une fraction (entre 0 et 1) dont le dénominateur est une puissance de 2. Enfin on définira par continuité un point $F(\sigma)$ de la courbe pour toute valeur de σ entre 0 et 1. On démontre alors que la relation

$$M = F(\sigma) \qquad (0 \leqq \sigma \leqq 1)$$

définit une transformation univoque et continue de l'intervalle I de variation de σ dans la courbe C décrite par le point M, *l'ordre* des points de C, supposé donné d'avance, étant *conservé*. Cette relation définit donc une représentation paramétrique de C et *dans cette représentation la signification du paramètre* σ *est purement géométrique, indépendante de la position de la courbe* C *considérée comme rigide*, indépendante aussi de toute représentation paramétrique particulière antérieure. C'est la représentation paramétrique intrinsèque annoncée.

Unicité. — Hâtons-nous d'ajouter que si la courbe C est peu tendue, présente des sinuosités, il pourra y avoir plusieurs représentations de cette espèce pour la même courbe. Pour des courbes continues assez simples, il pourra d'ailleurs n'y en avoir qu'une : c'est par exemple le cas d'un segment de droite ou d'un arc de cercle, cas où σ sera proportionnel à l'arc. Le fait essentiel, c'est qu'il y a au moins une représentation intrinsèque pour toute courbe continue. Sa possibilité étant établie, il ne serait peut-être pas sans intérêt de chercher à en assurer l'unicité. On y parviendra de la façon suivante. On remarque que la difficulté consiste en ce que l'un des points $F\left(\frac{1}{2}\right)$, $F\left(\frac{1}{4}\right)$, $F\left(\frac{3}{4}\right)$, ... peut ne pas être unique. Raisonnons par exemple sur le premier. S'il n'est pas unique, il est indéterminé sur un arc de C qui ne s'étend ni jusqu'à $F(0)$, ni jusqu'à $F(1)$. On pourra alors raisonner sur cet arc comme sur C et trouver un point $F\left(\frac{1}{2}\right)$ unique. Ou bien on trouvera un troisième arc contenu dans les précédents et l'on raisonnera sur lui comme sur C. Finalement on prendra pour point $F\left(\frac{1}{2}\right)$ un point unique obtenu, soit après un nombre fini d'opérations, soit comme limite d'une suite d'arcs.

Existence des tangentes. — On peut espérer que cette unicité permettrait de serrer analytiquement de plus près les propriétés géométriques de la courbe. Elle n'est pas cependant nécessaire pour prouver que : *si les coordonnées d'un point* $M = F(\sigma)$ de C *sont dérivables en un point, par rapport à notre paramètre intrinsèque* σ, *elles ne peuvent y être toutes nulles.* Dans ce cas alors la tangente est déterminée et l'on peut prendre pour ses paramètres directeurs les dérivées des coordonnées.

Une telle propriété n'est réalisée que *presque* partout par la représentation en fonction de l'arc (d'une courbe rectifiable).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformations continues d'une variable.* Note [1] de M. S. **Stoïlow**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note précédente j'ai énoncé quelques résultats concernant les fonctions continues d'une variable, mais qui exigent quelques restrictions. Je me propose ici de généraliser ces résultats et de les compléter.

1. $f(x)$ désignant une fonction continue quelconque définie sur un

---

[1] Séance du 20 octobre 1924.

segment (o, 1), j'ai désigné par $E_{y_0}^{y_1}$ l'ensemble fermé défini par les conditions

$$(E_{y_0}^{y_1}), \qquad y_0 \leqq f(x) \leqq y_1,$$

y_1 pouvant être, en particulier, égal à y_0.

Si A et B sont le minimum et le maximum de $f(x)$ sur (o, 1) et y une valeur quelconque sur (A, B), désignons par $\varphi(y)$ la mesure $m(E_A^y)$. Cette fonction, toujours croissante avec y possède, d'après un théorème connu de M. Lebesgue, une dérivée finie sur le complémentaire d'un ensemble de mesure nulle.

Le fait que $\varphi(y)$ peut avoir des points de discontinuité ne change rien au résultat de M. Lebesgue.

Soit H l'ensemble d'exception sur Oy où $\varphi(y)$ n'admet pas de dérivée finie, et K l'ensemble des points de Ox, qui se transforme en H par $y=f(x)$. La mesure m(K) possède une propriété de maximum : on peut montrer qu'il n'y a pas d'ensemble de mesure plus grande que m(K) se transformant par $y=f(x)$ en ensemble de mesure nulle. Le nombre m(K) est donc attaché à $f(x)$ et (o, 1) de cette façon.

J'appellerai valeur *ordinaire* de $f(x)$, dans (o, 1), toute valeur de y sur (A, B) hors de H. Soit x un point conduisant à une valeur ordinaire y.

Si $f(x)$ possède une dérivée latérale (droite, pour fixer les idées), cette dérivée est, en valeur absolue, égale à

$$\lim_{\Delta y=0} \frac{\Delta y}{m[\sigma_{x,\Delta y}]},$$

où $\sigma_{x,\Delta y}$ désigne la partie à droite de x du segment qui contient x et qui fait partie de $E_{y-\Delta y}^{y+\Delta y}$.

Ce rapport s'écrit encore

$$(1) \qquad \frac{\Delta y}{m\left[E_{y-\Delta y}^{y+\Delta y}\right]} \cdot \frac{m\left[E_{y-\Delta y}^{y+\Delta y}\right]}{m[\sigma_{x,\Delta y}]},$$

où le premier facteur a pour limite $\frac{1}{2\varphi'_y}$ qui n'est ni indéterminé ni zéro, mais peut être infini, et le second est toujours au moins égal à l'unité. La dérivée latérale en x ne peut donc être nulle si y est ordinaire. *Les points où cette dérivée est nulle sont donc tous sur* K.

On peut énoncer alors la proposition suivante :

Toute fonction continue (qui n'est pas une constante) et telle que l'ensemble des points où il n'y a pas de dérivée latente zéro, *contient un*

ensemble parfait dont toute portion se transforme par la fonction en un ensemble de mesure positive.

En effet, l'ensemble des valeurs ordinaires ayant une mesure positive contient un ensemble parfait dont aucune position n'est de mesure nulle. A cet ensemble correspond sur Ox un ensemble également parfait qui satisfait à la condition et qui est en dehors de K.

En particulier : l'ensemble en question ne peut être dénombrable (théorème connu); s'il est de mesure nulle, la fonction ne peut être absolument continue (théorème connu de M. Lebesgue) ou résoluble (théorème de M. Denjoy : *Annales de l'École Normale supérieure*, 1916).

2. Soit b une valeur ordinaire fixe de $f(x)$ et envisageons l'équation

$$f(x) = b. \tag{2}$$

Cette équation possède au moins une solution, mais elle peut en avoir une infinité. Je dis que si, pour toutes ces solutions, *les nombres dérivés d'un côté* (qui peut varier) *sont finis, ces solutions forment au plus une infinité dénombrable.*

Soient, en effet, x' les points satisfaisant à (2) où les nombres dérivés d'un côté sont inférieurs en valeur absolue à M, nombre fixe.

La considération du rapport (1) montre qu'il faudra que, en chaque x', la plus petite des limites de

$$\frac{m[\sigma_{x',h}]}{m[\mathrm{E}_{b-h}^{b+h}]},$$

quand h tend vers zéro, soit supérieure à une certaine quantité fixe ne dépendant que de M et $\varphi'_y(b)$. Or il est évident que la somme d'un nombre quelconque de ces rapports aux σ sans point commun ne saurait dépasser l'unité; mais si les x' sont en nombre infini, on peut certainement prendre h assez petit tel qn'il y ait autant que l'on voudra de ces rapports satisfaisant à cette condition. Cette hypothèse est donc inadmissible et les x' sont en nombre fini. Si l'on fait croître M indéfiniment, on finira par envisager successivement toutes les solutions de (2); donc leur infinité est dénombrable si elles ne sont pas en nombre fini.

On voit, par ce même raisonnement que *si les nombres dérivés des solutions de* (2) *sont bornés, ces solutions sont en nombre fini.* Il en est encore ainsi si en chaque solution *il existe une dérivée finie ou infinie.* En effet, l'existence d'un point limite entraînerait celle d'une dérivée nulle, ce qui est impossible pour b ordinaire.

3. Si $f(x)$ a un sens de variation déterminé d'un côté de x (droit, pour

fixer les idées), posons

$$\lambda(X)=\frac{\max|f(X)-f(x)|_x^X}{X-x},$$

$$\mu(X)=\frac{\min|f(X)-f(x)|_X^a}{X-x},$$

où a est un point fixe tel que, entre x et a, il n'y ait aucun X pour lequel $f(X)=f(x)$. Si x était une limite de tels points on prendrait identiquement $\mu=0$.

Les limites de λ et de μ pour $X=x$ peuvent exister sous la dérivée latérale du même côté; mais si cette dérivée existe elle est aussi la limite commune de λ et μ. Soient maintenant u les segments de $(0, 1)$ dont les deux extrémités sont des nombres rationnels. Soient g et d les points extrêmes gauche et droit de l'ensemble qui rend $f(x)$ minimum sur u, et soient γ et δ les deux points analogues pour le maximum. Je désignerai par z et t l'extrémité droite et l'extrémité gauche des segments de l'ensemble $(u E_A^y)$ qui contiennent respectivement g et d et par ζ et τ les points analogues pour γ et δ et l'ensemble $(u E_y^B)$.

Les quantités z, t, ζ et τ sont des fonctions monotones de y toutes semblables.

Si l'on ne considère pas une dérivée *bilatérale infinie* comme inexistante, les points de u qui correspondent par $x=z(y)$ aux points de Oy où z'_y n'existe pas, ces points forment sur u un ensemble de mesure nulle.

De plus, on a

$$y=f[z(y)]$$

car on doit avoir

$$A\leqq f[z(y)]\leqq y,$$

et comme $z(y)$ est l'*extrémité* d'un segment de cet ensemble, c'est l'égalité qui y est vérifiée. Tout ceci vaut pour t, ζ et τ.

Les points d'exception de u se transforment donc par $y=f(x)$ en un ensemble de mesure nulle. Soit I la réunion de tous ces ensembles pour tous les u. I est encore de mesure nulle.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les variétés à trois dimensions dont les espaces tangents satisfont à certaines conditions différentielles.* Note de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. Envisageons dans l'espace linéaire S_{r+1} à $r+1$ dimensions une variété V_3 à trois dimensions dont les coordonnées non homogènes y_i,

$i = 0, \ldots, r$ sont des fonctions continues et douées de dérivées continues des trois premiers ordres

$$y_i = u_i(x_0, x_1, x_2) \qquad (i = 0, 1, \ldots, r). \tag{1}$$

Les espaces F_3 tangents aux points de la variété V_3 coupent l'espace S_r à l'infini en des plans S_2 qui forment un système W de dimension 1, 2 ou 3. Supposons ce système ∞^3 et désignons par u_i^j, u_i^{jk}, $u_i^{j,k,l}$ les dérivées partielles de premier, deuxième et troisième ordre des u_i. Envisageons la matrice

$$M = |u_i^j| \qquad (i = 0, \ldots, r; j = 0, 1, 2) \tag{2}$$

de trois lignes et de $r+1$ colonnes attachée aux plans S_2 et désignons par X_{ijk} le mineur des colonnes de numéros i, j, k. Supposons que le système W satisfasse à

$$\delta \geqq \binom{r+1}{3} - 3(r-2) \tag{3}$$

équations de complexes linéaires

$$\sum_{\substack{i<j<k \\ 0}}^{r} a_{ijk}^h X_{ijk} = 0 \qquad (h = 1, \ldots, \delta). \tag{4}$$

Représentons les plans de l'espace S_r par une variété de Grassmann V_d à $d = 3(r-2)$ dimensions de l'espace S_R à $R = \binom{r+1}{3} - 1$ dimensions. Le système W est représenté sur V_d par une variété V_W à 3 dimensions, qui est contenue dans la variété V_K qui représente sur V_d le système *linéaire complet* de plan S_2 satisfaisant aux équations (4). La variété V_W possède en chaque point P un espace S_t tangent à $t = 3$ dimensions et un espace osculateur S_τ de dimension $\tau \leqq 9$. S_t est situé dans l'espace S_d tangent à V_d au point P et S_τ est situé dans l'espace S_p osculateur de V_d en ce point. On a

$$p = 3(r-2) + 3\binom{r-2}{2}. \tag{5}$$

Envisageons maintenant un plan S_2^0 fixe représenté sur V_d par le point P^0 et les plans S_2 qui s'appuient sur S_2^0 en un point (au moins). Les plans S_2 sont représentés sur V_d par les points de ∞^{2r} coniques et réciproquement. Ces coniques *appartiennent* à l'espace osculateur S_p.

L'espace S_τ est commun à l'espace osculateur S_p et à l'espace $S_{R-\delta}$ qui

correspond au système linéaire (4). Donc ces deux derniers espaces appartiennent à un espace linéaire d'au plus $p + R - \delta - \tau$ dimensions.

Appelons *doublement singuliers* les complexes linéaires de plans qui contiennent tous les plans qui ont un point (au moins) en commun avec le plan S_2^0. Nous pouvons énoncer le résultat suivant :

Il y a parmi les complexes du système (4) AU MOINS

$$\zeta = \binom{r+1}{3} - 3\binom{r-2}{2} - 6(r-2) + \tau \tag{6}$$

complexes doublement singuliers indépendants.

2. Imitant le raisonnement de M. Comessatti, projetons maintenant le système W du plan S_2^0 sur un espace S_{r-3} indépendant de S_2^0. Soient

$$u_0 = \ldots = u_{r-3} = 0$$

les équations du plan S_2^0, donc

$$u_{r-2} = u_{r-1} = u_r = 0$$

celles de l'espace S_{r-3}. Le système $\overline{W}$ de plans $\overline{S_2}$, projections des plans S_2, est contenu dans au moins ζ complexes linéaires indépendants

$$\sum_{\substack{i<j<k \\ 0}}^{r-3} a^h_{ijk} X_{ijk} = 0 \qquad (h = 1, \ldots, \zeta). \tag{7}$$

Donc si l'on a l'inégalité

$$1 \geqq \binom{r-2}{3} - 3(r-5),$$

il y a parmi les complexes du système (7) au moins un complexe *spécial*, donc au moins un espace S_{r-6} directeur des plans S_2. A cet espace correspond l'espace directeur S_{r-3} du système W qui projette S_{r-6} du plan S_2^0.

Mais l'inégalité écrite est équivalente à l'inégalité

$$\tau \geqq 8. \tag{8}$$

Nous obtenons ainsi le théorème :

THÉORÈME. — *Le système* W *de plans à l'infini admet au moins* ∞^1 *espaces directeurs du plan* S_{r-3}, *s'il est contenu dans* $\binom{r+1}{3} - 3(r-2)$ *espaces directeurs et si la dimension des espaces osculateurs de la variété* V_W *qui représente* W *sur la variété de Grassmann* $V_{3(r-2)}$ *est égale à* 8 *ou à* 9.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux qui sont tels que les congruences décrites par les tangentes et les congruences dérivées par la méthode de Laplace appartiennent de deux en deux à des complexes linéaires.* Note de M. **R. Jacques**, présentée par M. G. Kœnigs.

M. Guichard a indiqué que la trace d'une congruence appartenant à un complexe linéaire sur un plan parallèle à l'axe du complexe décrivait un réseau M dont les rotations m et n étaient égales [1].

Je me proposerai d'abord de caractériser M.

L'axe du complexe étant pris comme troisième axe de coordonnées, R_1, R_2, ... désignent les réseaux transformés par la méthode de Laplace en allant de u vers v. S_1, S_2, ... les réseaux transformés en allant de v vers u.

On pourra toujours supposer le réseau M situé dans le plan $x_1 = 1$. Si l'on désigne par x_i les coordonnées de M, ξ_i, η_i les paramètres normaux des tangentes $\left(i = \frac{2}{3}\right)$, par m la valeur commune des rotations, h, l deux fonctions de u et de v, on a

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial x_i}{\partial u} &= h\xi_i, \\ \frac{\partial x_i}{\partial v} &= l\eta_i; \end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial \xi_i}{\partial v} &= m\eta_i, \\ \frac{\partial \eta_i}{\partial u} &= m\xi_i; \end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial v} &= lm, \\ \frac{\partial l}{\partial u} &= hm. \end{aligned}\right.$$

La droite $R_1 S_1$ appartenant au complexe linéaire, on en déduit

$$h = \lambda(\xi_2 - k\xi_3),$$
$$l = \lambda(\eta_2 - k\eta_3),$$

λ et k sont deux constantes.

Inversement, supposons connus m, deux solutions ξ_2, ξ_3. h et l sont déterminés, x_2, x_3 seront obtenus par quadratures et définiront un réseau M. Les congruences conjuguées à M appartenant au complexe linéaire dont fait partie $R_1 S_1$ seront définies par les égalités

$$X_1 = 1, \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial X_2}{\partial u} &= \lambda\xi_2^2, \\ \frac{\partial X_2}{\partial v} &= \lambda\eta_2^2; \end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial X_3}{\partial u} &= \lambda\xi_2\xi_3, \\ \frac{\partial X_3}{\partial v} &= \lambda\eta_2\eta_3. \end{aligned}\right.$$

La détermination de X_2 et celle de X_3 font intervenir deux constantes arbi-

(1) Cette propriété suppose un choix convenable des paramètres normaux ξ, η ou des variables u et v.

traires qui devront être telles qu'elles annulent l'expression

$$\theta = X_2 - x_2 - kX_3.$$

Il existe donc une simple infinité de congruences conjuguées à M et appartenant au complexe considéré.

Considérons maintenant un réseau tel que les congruences décrites par les tangentes et leurs transformées par la méthode de Laplace appartiennent de deux en deux à des complexes linéaires. Il suffira pour le caractériser d'exprimer que la propriété existe pour deux congruences successives de la suite. On pourra, en outre, sans diminuer la généralité du problème, supposer que les deux complexes linéaires ont le même axe qui sera pris comme troisième axe de coordonnées.

Soit M le réseau décrit par la trace de l'une des congruences considérées sur le plan $x_1 = 1$. Les rotations de ce réseau seront égales et la même propriété sera vérifiée pour le réseau R_2 (¹).

Désignons par m la valeur commune des rotations du réseau M, par $m_1 n_1$ la valeur des rotations du réseau R_1, par m_2 la valeur commune des rotations de R_2.

On a

$$m = \frac{1}{m_1} = m_1\left(m_1 n_1 - \frac{\partial^2 \mathrm{L} m_1}{\partial u\, \partial v}\right), \qquad m_2 = \frac{1}{n_1} = n_1\left(m_1 n_1 - \frac{\partial^2 \mathrm{L} n_1}{\partial u\, \partial v}\right).$$

Si l'on désigne par φ et θ les nouvelles fonctions de u et de v définies par les égalités $m_1 = e^{\varphi}$, $n_1 = e^{\theta}$ on est amené au système d'équations

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v} = e^{\varphi+\theta} - e^{-2\varphi}, \\[2mm] \dfrac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = e^{\varphi+\theta} - e^{-2\theta}. \end{cases}$$

Le problème est donc du quatrième ordre.

Inversement, supposons connue une solution φ, θ et proposons-nous de déterminer les réseaux qui lui correspondent.

Soient ξ, η un système de paramètres normaux du réseau M

$$\xi^1, \eta^1;\quad \xi^2, \eta^2;\quad \ldots;\quad \xi^{1'}, \eta^{1'};\quad \xi^{2'}, \eta^{2'};\quad \ldots$$

ceux qui s'en déduisent pour les réseaux $R_1 R_2 \ldots S_1 S_2 \ldots$. Des calculs

(¹) Cette propriété suppose un choix convenable des paramètres normaux des tangentes aux deux réseaux et des variables u et v.

indiqués au début de cette Note il résulte que l'on a à déterminer les solutions $\left\{ \begin{array}{l} \xi \\ \eta \end{array} \right.$ telles que

$$\xi^{2'} = a\xi^2, \qquad \eta^{2'} = a\eta^2$$

correspondant à deux valeurs différentes de la constante a.

Il faut résoudre alors le système complet

$$\left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\partial \xi^1}{\partial u} - \dfrac{1}{n_1} \dfrac{\partial n_1}{\partial u} \xi^1 = a \dfrac{\eta^{1'}}{n_1}, \\ \dfrac{\partial \xi^1}{\partial v} = n_1 \eta^1; \end{array} \right. \qquad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\partial \eta^1}{\partial u} = \eta_1 \xi^{1'}; \\ \dfrac{\partial \eta^{1'}}{\partial v} - \dfrac{1}{n_1} \dfrac{\partial n_1}{\partial v} \eta^{1'} = \dfrac{1}{a n_1} \xi^1; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\partial \xi^1}{\partial u} - \dfrac{1}{m_1} \dfrac{\partial m_1}{\partial u} \xi^{1'} = \dfrac{\eta^1}{m_1}, \\ \dfrac{\partial \xi^{1'}}{\partial v} = m_1 \eta^{1'}, \end{array} \right. \qquad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\partial \eta^1}{\partial v} = m_1 \xi^1, \\ \dfrac{\partial \eta^1}{\partial v} - \dfrac{1}{m_1} \dfrac{\partial m_1}{\partial v} \eta^1 = \dfrac{\xi^{1'}}{m_1}. \end{array} \right.$$

Ces deux solutions permettront de déterminer le réseau M. Les constantes intervenant dans la détermination des congruences seront assujetties à deux conditions linéaires. Il n'y aura donc, en général, qu'une seule congruence conjuguée à M appartenant au complexe qui se transforme, par une double application de la transformation de Laplace, en une congruence analogue.

Il est à remarquer que la considération des traces de ces congruences sur un plan quelconque, parallèle à l'axe du complexe, donne des réseaux analogues au réseau M qui fournissent des solutions nouvelles du système (1). Je me propose d'étudier ultérieurement les transformations ainsi obtenues.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption et la diffusion des rayons γ de très grande énergie dans les éléments légers.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les mesures de Rutherford et Robinson sur le spectre β naturel du radium C ont été reprises récemment par Ellis ([1]). La comparaison des énergies des diverses raies le conduit à considérer ce spectre comme un effet secondaire d'un certain nombre de rayons γ, en bon accord avec mes précédentes conclusions ([2]). Mais ses tentatives pour mettre définitivement en évidence ces rayons en les transformant par effet photo-électrique en un

---

([1]) *Proc. Camb. Phil. Society*, t. 22, 1924, Part 3, p. 369.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1706.

« spectre excité » ont échoué. Il en conclut à une absorption faible de ces radiations ultra-pénétrantes.

J'ai montré au contraire que non seulement il était possible d'obtenir des spectres β excités semblables au spectre naturel du radium C, mais qu'on pouvait faire varier, suivant une loi de quanta, l'énergie des corpuscules émis en changeant la nature de l'élément radiateur, seule manière d'attribuer avec certitude une origine photo-électrique au spectre β naturel et de conclure à l'existence de rayons γ de quantum compris entre 600000 et 2000000 de volts (¹). Ces radiations sont donc encore absorbées dans les niveaux extra-nucléaires des atomes et converties en flots corpusculaires nettement décelables.

1. La loi de Bragg et Pierce exprimant l'absorption de fluorescence d'un rayonnement X de longueur d'onde λ

$$\frac{\tau A}{\rho} = C N^4 \lambda^3$$

conduit à considérer la probabilité d'émission d'un photo-électron par un atome de nombre atomique N sous l'action de la radiation λ, comme proportionnelle d'une part au carré de l'énergie d'extraction de l'électron, d'autre part à la quatrième puissance du nombre atomique. La variation des intensités des raies corpusculaires excitées par un même quantum X, lorsque l'on fait varier l'élément illuminé, est conforme à ces prévisions.

2. J'ai recherché la valeur de cette loi dans le domaine des rayons γ, dont le quantum est plus de dix fois celui des rayons X.

Pour un même élément le nombre des photo-électrons arrachés à une couche K est bien supérieur à celui éjecté par une couche L : comme pour les rayons X, un rayon γ est d'autant plus absorbé par une couche électronique que l'énergie de cette dernière est plus considérable.

Quant aux intensités émissives comparées des divers éléments, l'extension de la loi en N^4 en fait prévoir pour l'uranium une émission 15 fois plus forte que pour l'argent, 100 fois plus forte que pour le cuivre et près de 160 fois plus forte que pour le fer, de sorte que l'on ne devrait obtenir de spectres photo-électriques qu'avec les éléments lourds.

Les clichés réalisés photographiquement par déviation magnétique montrent qu'il est au contraire possible d'*exciter le phénomène photo-électrique dans les éléments légers*. J'ai obtenu la conversion du rayon γ de

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 165.

607 kilovolts, le plus intense du radium C, sur les niveaux K aussi bien d'éléments lourds tels que l'uranium, le plomb, le platine, le tungstène que sur ceux d'éléments moyens ou légers tels le cérium, l'antimoine, l'étain, l'argent, le sélénium, le cuivre et le fer (de même pour le rayon γ de 1123 kilovolts). En aucun cas les durées de pose n'excèdent trois fois celles utilisées pour les éléments lourds et les raies, quoique bien plus faibles, restent nettement visibles. Il est remarquable que des rayons dont les énergies atteignent 600000 et 1000000 de volts agissent sur des niveaux de 7 à 8 kilovolts seulement.

L'absorption de fluorescence des rayons γ semble décroître moins rapidement avec N *que ne l'indique l'extension de la loi de Bragg.* L'absorption est peut-être seulement proportionnelle à la première puissance de l'énergie liant l'électron à l'atome, c'est-à-dire à N^2.

3. Par ailleurs la proportionnalité au cube de la longueur d'onde excitatrice, pour un même élément, conserve sa valeur.

Ishino (¹) a donné la valeur $\frac{\mu}{\rho} = 0,042$ pour coefficient d'absorption des rayons γ les plus pénétrants du radium C dans le plomb, alors que Rutherford (²), déterminant la pénétration des rayons durs émis par un coolidge excité sous 200 kilovolts, donne 1 pour coefficient d'absorption dans le même élément d'une radiation de $\lambda = 72$ U. X. L'application de la loi en λ^3 fait alors correspondre au coefficient 0,042 de Ishino une longueur d'onde de 25 U. X., en bon accord avec mes résultats qui indiquent comme rayon prépondérant du radium C un rayon de 20,5 U. X.

4. Une fraction du rayonnement γ, d'importance voisine de celle absorbée par fluorescence, est diffusée dans la masse du radiateur. Compton a mis en évidence la possibilité du changement de longueur d'onde d'un quantum lumineux se diffusant sur un électron faiblement lié et, simultanément, d'un « recul » de cet électron. La variation de fréquence du quantum ainsi que la quantité de mouvement acquise par l'électron deviennent considérables pour les rayons γ. En particulier pour un quantum de 607 kilovolts la fréquence du rayonnement γ pourrait diminuer de moitié, tandis que la vitesse de l'électron de recul pourrait atteindre $0,832c$.

Dans un « spectre corpusculaire de rayons γ » pris avec un élément léger, cet effet se traduirait par l'émission de deux sortes d'électrons : les uns,

---

(¹) Ishino, *Phil. Mag.*, t. 33, 1917, p. 129.

(²) Rutherford, *Phil. Mag.*, t. 34, 1917, p. 153.

assez lents, correspondant photo-électriquement aux rayons ayant subi le changement de longueur d'onde, les autres étant des électrons de recul. J'ai recherché photo-électriquement le rayon γ diffusé à 90° (longueur d'onde double) dans un bloc de graphite, ainsi que les électrons reculant dans la direction du quantum (les plus nombreux d'après les calculs de Jauncey). Ils semblent assez difficiles à observer, bien que pour le graphite, l'aluminium on obtienne un renforcement de l'intensité dans la région prévue. Le phénomène de diffusion par quanta ne semble pas prendre une importance plus considérable en utilisant des rayons γ au lieu de rayons X. Par ailleurs la dégradation du quantum par diffusion pourrait expliquer le « fond continu » observé sur les spectres β excités et dont l'origine paraît liée à celle des raies. Le fond continu n'existe que dans le voisinage des raies, a l'aspect d'une bande se terminant brusquement à une raie, enfin son intensité est fonction de celle de la raie qui le limite.

RADIOGRAPHIE. — *Sur un procédé de différenciation des perles fines et de culture.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. de Broglie.

On sait que la radiographie — déjà préconisée par Raphaël Dubois pour déceler la présence de perles dans l'huître nouvellement pêchée sans l'ouvrir — ne permet pas de distinguer les perles fines des perles japonaises à noyau de nacre, ces deux sécrétions possédant le même aspect, la même nature chimique et des densités très voisines. Le diagnostic ne peut actuellement se faire qu'en perçant ou sectionnant le joyau et en examinant à la loupe la structure des coupes ainsi pratiquées.

Nous avons essayé de faire apparaître cette différence de structure interne en appliquant aux perles les méthodes de l'analyse cristalline, c'est-à-dire en examinant photographiquement les figures de Laue ou les anneaux de diffraction qu'auraient été susceptibles de produire des rayons X monochromatiques les traversant axialement. Nous avons pour cela examiné un lot de perles fines et cultivées, aimablement mis à notre disposition par M. F. Ryziger, ainsi que des boutons de nacre, en les irradiant au moyen des rayons K du rhodium et de l'argent produits au moyen du tube de quartz antérieurement décrit (¹). Nous avons obtenu de fortes impressions photographiques, sur une plaque distante d'une dizaine de centimètres, au

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1915.

bout de quelques heures d'exposition, en mettant en jeu une puissance voisine d'un kilowatt et grâce à l'utilisation d'un écran renforçateur au tungstate de calcium. Comme le montrent les clichés que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie, et ainsi que l'on pouvait théoriquement s'y attendre, les perles fines donnent un système d'anneaux réguliers, parfois fort nets, dus à la fois aux doublets $K\alpha$ et aux raies $K\beta$. La nacre donne, au contraire, invariablement des figures de Laue plus ou moins régulières et formées de taches plus diffuses que ne le feraient des cristaux. Ces taches affectent une symétrie hexagonale lorsque l'irradiation est effectuée normalement aux « plans de clivage ». Dans la direction perpendiculaire, les taches sont beaucoup plus nombreuses et présentent une symétrie quaternaire. Enfin les perles cultivées montrent à la fois le système d'anneaux caractéristique de la perle fine et les taches décelant le noyau interne de nacre. Les distances réticulaires déduites de ces diagrammes indiquent, quant à présent, des dimensions de l'ordre des équidistances cristallines. De nouvelles recherches, actuellement poursuivies avec la collaboration de M. J.-H. Shaxby, seront nécessaires pour élucider la structure de la nacre.

La nouvelle méthode, qui ne nécessite plus la mutilation des perles et qui a l'avantage de fournir un document photographique certain, semble susceptible d'une application immédiate à l'expertise des perles. Il serait en effet facile d'établir un tube spécial permettant l'examen simultané d'un grand nombre de perles. Elle paraît, de plus, applicable à la différenciation de nombreuses substances naturelles d'avec leurs imitations.

RADIOACTIVITÉ. — *La radioactivité des gaz éruptifs du Vésuve et des solfatares de la Campanie et leur influence sur le développement des bactéries et des plantes supérieures*. Note de MM. **Jules Stoklasa** et **Jos. Penkava**, présentée par M. Lindet.

I. Il y aurait un très grand intérêt à savoir si les gaz sortant du volcan sont radioactifs et quelle intensité possède leur radioactivité. Aussi nous avons fait des expériences sur la conductibilité électrique des gaz s'exhalant non seulement sur le Vésuve même, mais encore en Campanie, cette année, du 20 au 30 mai, avec des assistants. La conductibilité de ces gaz est provoquée par les émanations radioactives.

Nous avons déterminé la conductibilité électrique des gaz se dégageant

du cratère du Vésuve et du cratère nouvellement formé de *Forum Vulcani*, par l'appareil de Gerdien. Nous ne pûmes faire cette détermination sur les gaz se dégageant directement du Vésuve, puisque des formations nouvelles rendaient inaccessible et dangereuse l'entrée du Vésuve. Nous avons donc expérimenté sur ces gaz à l'état raréfié par l'air. La mesure de la conductibilité électrique de l'atmosphère se montait à $4,8.10^{-4}$ U. E. S.

La conductibilité des gaz au moment de leur dégagement est certainement beaucoup plus grande que nos mesures l'ont donnée. En effet, la conductibilité électrique de l'atmosphère monte aux environs du cratère du Vésuve à $4,5.10^{-4}$ U. E. S. L'atmosphère sous le Vésuve même possède une conductibilité électrique de $1,2.10^{-4}$ U. E. S., et nous avons trouvé, à Pozzuoli et à Posillipo, une conductibilité électrique de l'atmosphère de $2,4.10^{-4}$ jusqu'à $2,6.10^{-4}$ U. E. S.

II. Ce sont les premières recherches de la conductibilité électrique de l'atmosphère du Vésuve provoquée par la radioactivité. Cette conductibilité est encore deux fois plus grande que celle de l'air de Jáchymov (Joachimstal), Bohême, près de la fabrique de radium. En effet la conductibilité électrique de l'atmosphère se monte, dans Jáchymov, à $2,4.10^{-4}$ U. E. S., dans Karlovy Vary (Karlsbad), à $1,0.10^{-4}$ U. E. S., dans Prague, à $0,6.10^{-4}$ U. E. S. et dans Rome à $0,7.10^{-4}$ U. E. S. A la solfatare de Pozzuoli, les gaz se dégageant du cratère appelé Forum Vulcani ont une conductibilité électrique de $2,8.10^{-4}$ U. E. S. jusqu'à $3,6.10^{-4}$ U. E. S. Cette conductibilité a été aussi trouvée dans les gaz bien raréfiés par l'air. Nos chiffres résultent de la moyenne de nombreuses mesures.

Nous avons fait ces mesures de même à Paris au-dessous et au-dessus de la Tour Eiffel. La conductibilité électrique de l'atmosphère se montait :

	U. E. S.
Au-dessous de la Tour à	$0,4.10^{-4}$
Au-dessus de la Tour à	$0,8.10^{-4}$

III. Il était de la dernière importance d'apprendre comment se comportait l'atmosphère au-dessus des couches de potasse à Mulhouse, puisque, comme l'on sait, le potassium est radioactif alors qu'il émet des rayons β. Nous avons trouvé que la conductibilité électrique de l'atmosphère à Mulhouse s'est montrée de 0,8 à $1,0.10^{-4}$ U. E. S., tandis que nous avons constaté :

	U.E.S.
En bas dans les mines, dans les couches de sel gemme (NaCl)...	$0,4.10^{-4}$
En bas dans les mines, dans les couches de sel de potasse (KCl), jusqu'à...	$2,8.10^{-4}$
Dans les greniers en bois de la fabrique en présence de sel de potasse en tas...	$3,6.10^{-4}$
Dans les greniers en bois, vides...	$1,0.10^{-4}$

On voit donc que la conductibilité électrique de l'atmosphère dans les mines de potasse est vraiment aussi haute qu'au Vésuve.

IV. La radioactivité de l'atmosphère ainsi que celle du sol favorisent le développement des légumineuses, surtout du *Spartium jimceum* et de la *Robinia pseudoacacia* qui sont, au Vésuve, les pionniers de la végétation. Les bactéries qui assimilent l'azote de l'atmosphère sont notamment favorisées dans leur activité par l'émanation du radium. Ce sont les rayons α qui favorisent les processus de la désassimilation des bactéries et augmentent l'intensité de leur respiration en présence d'un excès suffisant d'oxygène. Les processus de désassimilation des bactéries qui assimilent l'azote sont en contact génétique avec l'énergie de la fixation de l'azote de l'air. Ainsi, on trouve que les bactéries assimilant l'azote sont aussi répandues dans les parties basses du Vésuve que dans tous les sols de la Campanie.

Au Sud, les rayons des corps radioactifs, surtout les rayons β et γ qui influencent les feuilles, ont un effet tout autre que dans nos régions d'atmosphère plus froide. La production des hydrates de carbone est si intense qu'il ne peut arriver aucun déficit par l'effet d'oxydation dû aux rayons α des corps radioactifs.

L'énergie rayonnante du soleil qui effectue dans la cellule chlorophyllienne la synthèse de la matière organique, avec l'aide des substances inorganiques, est en contact avec les rayons β que le potassium émet. Ces rayons β pénètrent toute la cellule chlorophyllienne et participent certainement à toute la photosynthèse et à la production de la substance organique par l'assimilation de l'acide carbonique.

Ce qui ressort de nos recherches, c'est que la décomposition du bicarbonate de potassium sous l'effet de la lumière et de la radioactivité, en acide formique, oxygène et carbonate de potassium, ainsi que la décomposition de l'acide formique en formaldéhyde et oxygène, est le procédé fondamental de la photosynthèse chlorophyllienne de l'acide carbonique.

Dans ces processus photosynthétiques, la radioactivité du potassium doit agir.

Par les nombreuses expériences que nous avons exécutées pendant ces trois dernières années, nous sommes persuadés que la photosynthèse dans la cellule chlorophyllienne est augmentée par les rayons β et γ des divers corps radioactifs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Neutralisation de l'acide chlorique par les alcalis, suivie au moyen de la viscosimétrie.* Note de M. **L.-J. Simon**.

Dans des Notes antérieures [1] il a été signalé qu'on pouvait suivre par l'étude de la viscosité de leurs solutions aqueuses la neutralisation des polyacides par les alcalis. Les résultats relatés dans la présente Note se rapportent à un monoacide : l'acide chlorique.

Les expériences, comme les précédentes, ont été exécutées avec un appareil du type Poiseuille, modifié par Ostwald. La constante de l'appareil 607,5 a été fixée par l'étude de l'eau pour laquelle on a adopté la formule hyperbolique $\eta \times 10^4 = 27 \frac{214,8 - t}{32,55 + t}$, d'où ressort à 10^4 près la viscosité de l'eau : à 15°, 113,45 ; à 20°, 100,1 ; à 25°, 89,04.

Les calculs ont été effectués en adoptant pour les variations thermiques une formule hyperbolique $K \frac{(a - t)}{b + t}$. A titre d'exemple voici le tableau des résultats des mesures de viscosité de l'acide chlorique à des températures comprises entre 8° et 25°.

Température.	Durée d'écoulement en secondes.	Densité.	$\eta \times 10^4$ trouvé.	$\eta \times 10^4$ calculé.
7,7°	222	1,050	141,61	base
10,1	208,6	1,049	132,93	132,80
12,9	194,3	1,048	123,70	123,59
14,8	185,2	1,048	117,91	base
17	176	1,047	111,94	111,82
19,2	167,4	1,046	106,37	106,21
21,8	157,3	1,045	99,86	100,11
23,3	152,8	1,044	96,91	96,83
24,8	147,9	1,043	93,71	base

Trois expériences ont permis de déterminer les constantes $a = 203,76$,

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 437-440 ; t. 178, 1924, p. 1076-1079 et 1606-1609.

$b = 37,38$, $K = 32,56$ de la formule hyperbolique. Une autre série de mesures a été effectuée avec une solution d'acide chlorique [1] du même titre mais préparée indépendamment de la première : en voici les résultats comparés avec les valeurs calculées par la formule précédente.

Température.	Temps.	Densité.	η 10⁴ trouvé.	η 10⁴ calculé.
8°,3	218,1	1,050	139,18	139,32
10,3	207,1	1,049	131,98	132,11
13,2	192,4	1,049	122,61	122,67
15,1	183,5	1,048	116,83	117,05
17,4	173,6	1,047	110,42	110,76
20,1	163,6	1,046	103,96	104,03
23	153,1	1,044	97,10	97,47
25,2	146,3	1,043	92,70	92,90

L'accord est comme on le voit très suffisant pour des mesures faites sans thermostat avec un appareillage des plus simples.

On a fait des séries de mesures analogues pour des liqueurs alcalines — potasse et soude — de même titre $\theta = 1$ et avec des mélanges régulièrement variables d'acide et d'alcali.

Les tableaux suivants rassemblent pour ces mélanges les valeurs respectives des constantes de la formule hyperbolique qui revient à chacun d'eux et les valeurs de la viscosité que cette formule permet de calculer pour une température de comparaison arbitrairement choisie — 15° par exemple.

KOH.	ClO³H.	a.	b.	K.	$\eta_{15} \times 10^4$.
100	0	174,66	39,63	43,18	126,20
80	20	301,53	31,69	19,51	119,73
70	30	171,41	40,99	41,87	116,96
60	40	239,24	34,71	25,19	113,63
55	45	185,86	38,29	35,16	112,73
50	50	337,16	31,05	15,91	111,30
45	55	340,58	29,75	15,38	111,90
30	70	218,18	34,75	27,86	113,78
20	80	327,42	31,21	16,98	114,80
0	100	203,76	37,38	32,56	117,33

(1) Ces liqueurs acides ont été ajustées puis contrôlées de manière concordante d'une part par titrage alcalimétrique en présence de phtaléine et d'autre part par la méthode iodométrique de Bunsen.

Le minimum de viscosité correspond aux proportions équimoléculaires d'acide et de potasse; le diagramme que chacun peut construire avec ces valeurs est très simple : deux droites obliques aux axes se coupant sur l'ordonnée médiane correspondant à la formation du sel neutre ClO^3K.

Comme le chlorure de potassium dont il se rapproche singulièrement par la viscosité de ses solutions le chlorate abaisse la viscosité de l'eau dans laquelle on le dissout; selon l'expression assez impropre adoptée généralement il a une viscosité négative 111,30 pour le titre $\theta = 0,5$ à 15°; à cette température la viscosité de l'eau est 113,45. Pour $\theta = 0,25$ la viscosité est intermédiaire 112,13 — toujours à 10^4 près.

Pour la neutralisation par la soude les résultats sont :

NaOH.	ClO^3H.	*a*.	*b*.	K.	$\eta \times 10^4$.
100	0	184,45	34,14	40,62	140,07
80	20	176,45	36,21	41,48	130,77
70	30	178,50	36,63	39,74	125,85
60	40	193,28	34,77	33,85	121,25
55	45	204,59	35,01	31,34	118,82
50	50	262,18	31,34	21,91	116,87
45	55	204,07	35,23	31,06	116,91
30	70	191,34	37,17	34,63	117,05
20	80	204,65	36,35	31,72	117,15
0	100	203,76	37,38	32,56	117,83

On observe ici également un minimum très net pour les proportions équimoléculaires d'acide et de soude, c'est-à-dire pour la production de chlorate neutre ClO^3Na; mais la viscosité de la soude notablement plus élevée que celle de la potasse se retrouve dans ses sels et la viscosité de la solution de chlorate de sodium est positive, c'est-à-dire supérieure à celle de l'eau, et, d'autre part, si le diagramme comporte toujours deux droites se coupant sur l'ordonnée médiane, celle qui correspond à l'excès d'acide est très fortement inclinée sur l'axe des abscisses : la substitution d'un atome de sodium à l'atome d'hydrogène de l'acide chlorique modifie très peu la viscosité de la solution. D'après des expériences préliminaires c'est également ce qui se produit pour l'acide chlorhydrique et le chlorure de sodium.

Remarque. — Les viscosités à 15° des solutions aqueuses d'acide chlorique et de ses sels alcalins sont assez bien représentées en fonction du titre moléculaire par les formules linéaires :

ClO^3H	$\eta \times 10^4 = 112,54 + 4,38\,\theta$	valable pour θ compris entre	0,5 et 2
ClO^3Na	» $= 112 + 8,52\,\theta$	»	0,25 et 1
ClO^3K	» $= 112,46 - 3,32\,\theta$	»	0,25 et 0,5

En résumé : la neutralisation de l'acide chlorique est mise en évidence par la méthode viscosimétrique en employant la soude aussi bien que la potasse. On note entre les deux cas des différences déjà signalées (*loc. cit.*) antérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une condition nécessaire de la sécurité du minage en milieu inflammable.* Note de M. E. **Audibert**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai indiqué, dans une précédente Note (¹), que tous les explosifs solides pratiquement utilisables pour l'abatage de la houille détonent à la manière de la nitroglycérine, c'est-à-dire, se transforment, à la traversée de l'onde explosive, en un mélange de gaz hors d'équilibre qui évolue par la suite suivant les lois générales de la mécanique chimique; les réactions dont ce mélange est le siège comportent essentiellement la combustion de gaz réducteurs, tels que l'hydrogène et l'oxyde de carbone, aux dépens d'oxygène ou d'éléments oxydants, tels que le protoxyde d'azote, et donnent par conséquent naissance à une flamme; j'ai proposé de les dénommer « réactions résiduelles ».

Il résulte de là que la pression à l'intérieur du trou de mine présente d'abord un très brusque accroissement, causé par la transformation de l'explosif en gaz, et qu'elle s'élève ensuite progressivement sous l'effet du dégagement de chaleur dû aux réactions résiduelles. Les choses se passant de la sorte, on conçoit que le massif au sein duquel la détonation a lieu puisse s'ouvrir alors que les réactions résiduelles sont encore en cours. Or, la flamme qui accompagne ces dernières peut évidemment, si elle est mise au contact d'un mélange grisouteux ou d'un nuage poussiéreux, provoquer leur inflammation; pour que le minage en milieu inflammable ne puisse être la cause d'une explosion, il faut par conséquent :

Ou bien que les réactions résiduelles ne s'amorcent pas;

Ou bien qu'elles soient achevées avant que les gaz qui y participent viennent au contact de l'atmosphère extérieure.

Il n'est pratiquement pas possible de satisfaire à la première condition : la réaction propagée par l'onde explosive étant exothermique et extraordinairement rapide, les gaz qui en résultent se trouvent en effet, de ce fait

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1167.

même, au moment où ils prennent naissance, dans des conditions de température et de pression où les affinités chimiques sont exaltées à l'extrême, de sorte que, pour les empêcher de réagir les uns sur les autres il faudrait les soumettre, sans le plus petit retard, à une détente extrêmement brusque; la soudaineté et la rapidité que cette opération devrait comporter sont incompatibles avec l'inertie, tant du massif dans lequel est foré le trou de mine que du bourrage qui remplit ce dernier : ce fait, *a priori*, a été mis en évidence au cours d'une étude expérimentale dont j'exposerai les résultats ailleurs, car leur description sortirait du cadre de la présente Note.

Il résulte de là qu'une condition nécessaire de la sécurité du minage en milieu inflammable est *que les produits gazeux de la décomposition de l'explosif ne trouvent pas d'issue hors du massif à abattre avant qu'ait été achevée la combustion de leurs constituants réducteurs*; il faut, pour y satisfaire, établir une relation convenable entre les durées de deux phénomènes, l'un chimique, — savoir, la transformation, respectivement en anhydride carbonique et en vapeur d'eau du carbone et de l'hydrogène mis en œuvre, — l'autre mécanique, — savoir, l'ouverture du massif sous l'action de l'ébranlement qu'y provoque le tir.

Les essais à l'air libre ou au mortier auxquels on soumet les explosifs destinés à être employés dans les houillères ne peuvent évidemment pas fournir la moindre indication sur les précautions qu'il convient d'observer pour satisfaire à la condition qui vient d'être énoncée et sont par conséquent dépourvues de toute signification pratique. Grâce à l'habitude qui a généralement prévalu, de les effectuer en l'absence de tout bourrage, on en a en outre tiré des conclusions profondément trompeuses.

Du moment, en effet, que la cartouche employée dans ces essais se trouve au contact d'une atmosphère inflammable, son tir ne peut être sans effet sur cette dernière qu'à la condition de ne s'accompagner d'aucune flamme : les études poursuivies en galerie sans bourrage ont de la sorte abouti à faire dépendre la sécurité de la mise en œuvre d'artifices susceptibles d'empêcher l'amorçage des réactions résiduelles. Or, sous bourrage, il n'est pas possible, comme je l'ai dit plus haut, d'éviter ces réactions; elles se développent à coup sûr, en produisant une flamme, de sorte que les artifices qui, en galerie, peuvent les supprimer, sont condamnés à être inopérants dans les conditions de la mine.

Les Stations d'Essais qui opèrent sans bourrage ont ainsi traité un problème qui diffère fondamentalement de celui de la pratique, et le danger de la situation actuelle en matière de minage devant le grisou ou les poussières

réside dans le fait qu'elles en ont découvert une solution. Celle-ci consiste à adopter des conditions de tir qui permettent de mettre en suspension dans les gaz produits par la réaction explosive, au moment même où ils prennent naissance, une quantité convenable d'une matière inerte pulvérulente; cette matière joue dans l'amorçage des réactions résiduelles un rôle qu'a mis en évidence l'étude expérimentale à laquelle j'ai fait allusion plus haut; elle peut être employée, soit en mélange avec l'explosif, soit sous d'autres formes qui évitent de l'incorporer à celui-ci. En la faisant intervenir, on peut effectuer, en présence du grisou ou des poussières, des tirs qui ne sont pas suivis d'explosions, et ce résultat a pu conduire à considérer que l'on connaît des moyens de miner sans danger en milieu inflammable. Les explications développées dans la présente Note établissent que l'efficacité de ces moyens est purement apparente et que le problème de la sécurité de l'emploi des explosifs dans les houillères est encore à résoudre; elles indiquent, en outre, la voie dans laquelle il convient d'en chercher la solution.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation électrolytique du cuivre, de l'antimoine, du plomb et de l'étain.* Note de M. **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [1] j'ai indiqué les conditions de la séparation électrolytique du cuivre, de l'antimoine et du plomb. J'ai étendu la méthode au dosage de l'étain, très souvent associé aux trois métaux cités plus haut.

En milieu chlorhydrique, le seul qui convienne, le plomb et l'étain sont déposés ensemble et il est impossible de les séparer par simple réglage du potentiel cathodique. Il n'en est plus de même en présence d'acide fluorhydrique qui forme avec les sels stanniques un complexe fluoré, ne laissant pas déposer d'étain par électrolyse. La séparation plomb-étain a lieu au sein d'un milieu renfermant 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et 5^{cm^3} d'acide fluorhydrique concentré pour un volume de 225^{cm^3}. On opère en présence de 1^g de chlorhydrate d'hydroxylamine. En utilisant l'appareil que j'ai décrit [2] le plomb doit être déposé à un potentiel auxiliaire de 400 millivolts. Pendant les 10 premières minutes d'électrolyse, la température est main-

(1) *Comptes rendus,* t. 179, 1924, p. 632.
(2) *Comptes rendus,* t. 177, 1923, p. 1114.

tenue au moins à 60°, par la suite, on refroidit vers 20°. Le dosage est terminé en 20 à 25 minutes. La séparation n'est exacte que pour les concentrations en étain inférieures à $1^g,50$ par litre. Pour des valeurs plus élevées, on observe une surcharge appréciable du plomb par suite du dépôt d'un peu d'étain, provenant d'une légère destruction du complexe fluoré.

En vue du dosage de l'étain dans la liqueur débarrassée du plomb, on ajoute à celle-ci 10^g d'acide borique, 10^g d'oxalate d'ammoniaque et l'on étend à 300^{cm^3} environ avec de l'eau. On chauffe pour amener à solution et l'on électrolyse avec emploi d'une cathode cuivrée.

Nous avons déjà, M. Kling et moi, utilisé cette forme de dosage de l'étain (¹) pour l'analyse des métaux blancs. Howell Furman dans une critique de notre travail (²) a observé que le dépôt d'étain est toujours incomplet. Ce phénomène n'est pas constant, il n'est observé que si le potentiel cathodique est trop faible, il est donc indispensable de contrôler le potentiel auxiliaire qui doit s'élever à 600-650 millivolts. Dans ces conditions le dépôt d'étain est complet. Il serait nuisible de laisser le potentiel auxiliaire monter notablement au delà de cette valeur, car on pourrait observer une légère surcharge, par fixation d'hydrogène. La même remarque concerne le dépôt du plomb.

La séparation du cuivre et de l'antimoine d'avec le plomb a déjà été décrite (³) et il n'y aurait rien à ajouter si, au cours de l'électrolyse en vue du dépôt de l'antimoine, on n'observait une réduction du sel stannique par le courant, sous l'influence catalytique de l'antimoine. Cette réduction est fort importante et amène la presque totalité de l'étain sous la forme stanneuse, laquelle ne fournit pas de combinaison complexe avec l'acide fluorhydrique. On conçoit que dans ces conditions, au cours de l'électrolyse pour l'obtention du dépôt de plomb, on ait en même temps précipitation d'une partie de l'étain. On évite cet inconvénient en oxydant la liqueur séparée du cuivre et de l'antimoine. A cet effet on ajoute au liquide 5^{cm^3} d'eau oyxgénée, à 12^{vol}, et l'on fait bouillir 1 ou 2 minutes, l'étain est amené au maximum d'oxydation.

Dans les conditions convenant au dépôt du cuivre et de l'antimoine, les sels stanniques ne sont pas réduits par le courant électrique, la cathode

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1081.
(²) *Ind. Eng. Chem.*, t. 15, 1923, p. 1071.
(³) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 632.

étant en platine. A un potentiel cathodique un peu plus élevé on observe une réduction précédant le dépôt d'étain. Sur cathode recouverte d'antimoine, la réduction est importante même à température ordinaire, au voisinage de l'ébullition elle est presque quantitative, dans les conditions mêmes du dépôt d'antimoine.

La séparation électrolytique du cuivre, de l'antimoine, du plomb et de l'étain ainsi réalisée est d'une application fort commode et convient à l'analyse des métaux blancs. Les circonstances exactes de la séparation et le mode opératoire détaillé seront exposés dans un autre recueil.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sous-oxyde de tellure*. Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Des études antérieures [1] nous ayant permis de constater que le sous-chlorure $TeCl^2$ et le sous-bromure $TeBr^2$ n'ont de stabilité réelle que dans des conditions déterminées, nous avons recherché si, pour des raisons d'analogie, le produit décrit comme sous-oxyde TeO est véritablement un composé défini dans les conditions habituelles de sa préparation.

Il est à remarquer que Rose [2] n'a pu l'obtenir par action de l'eau sur le corps qu'il considérait comme un sous-chlorure. Berzélius [3] n'a pas été plus heureux en faisant intervenir sur cette substance divers agents chimiques, ou en essayant de réduire l'oxyde TeO^2 par le tellure dans des conditions variées.

Le sous-oxyde TeO n'a été véritablement étudié que par Divers et Shimozé [4] en 1883. Ces auteurs l'ont préparé par décomposition entre 180° et 230° d'un corps qu'ils regardaient comme un sulfoxyde de tellure SO^3Te, et qu'ils préparaient par union directe de l'anhydride sulfurique et du tellure à la température ordinaire. Les deux réactions suivantes étaient mises en jeu :

$$Te + SO^3 = TeSO^3, \quad (1)$$

$$TeSO^3 = SO^2 + TeO, \quad (2)$$

---

(1) A. Damiens, *Ann. Chim.*, 9e série, t. 19, 1923, p. 44.

(2) Rose, *Pogg. Ann.*, t. 21, 1831, p. 443.

(3) Berzélius, *Ann. Ch. Phys.*, 2e série, t. 58, 1835, p. 132.

(4) Divers et Shimozé, *Ber.*, t. 16, 1883, p. 1004.

D'autre part, Littmann [1] et Moles [2] considèrent que le tellure amorphe du commerce, partiellement oxydé, renferme du sous-oxyde, alors que Beckmann et Hanslian [3] regardent ce produit altéré comme un mélange de bioxyde et de tellure.

Le sous-oxyde de tellure est décrit par Divers et Shimozé comme une matière noire, ayant l'aspect du liège carbonisé. Il ne montre aucun caractère chimique particulier. Les auteurs n'ayant pas décrit le tellure qu'ils ont utilisé, la nature définie d'un tel composé reste très douteuse.

Nous avons repris l'expérience de Divers et Shimozé en employant du tellure très pur finement pulvérisé (tamis 120) et faisant agir l'anhydride sulfurique dans le vide sec. L'anhydride sulfurique était obtenu par distillation de l'acide sulfurique fumant à 60 pour 100 SO^3 suivie de plusieurs rectifications; on le faisait ensuite agir sur le tellure. Celui-ci était placé dans une ampoule que l'on pouvait séparer par scellement lorsque, la réaction étant terminée, l'excès d'anhydride avait été distillé et condensé à la température de l'air liquide. Le corps regardé comme un sulfoxyde était ainsi obtenu privé d'anhydride sulfurique, après avoir été manipulé à l'abri de l'air et de l'eau.

En étudiant sa décomposition dans le vide, des essais répétés nous ont montré que le dégagement de gaz sulfureux commençait toujours à 90°, le maximum se produisant vers 190°-210° et l'élimination complète de ce gaz exigeant la température de 450°. A cette dernière température, du tellure très pur se sépare par distillation et il reste un résidu d'oxyde TeO^2.

La quantité de gaz sulfureux trouvé dans l'une de nos expériences montre que 34,95 pour 100 seulement du tellure primitif ont été attaqués selon les réactions (1) et (2). En établissant le rapport de l'oxyde résiduel au tellure distillé, on a trouvé 38,2 pour 100 du rapport qui serait théorique, s'il s'était formé intégralement de l'oxyde TeO, ultérieurement décomposé en $TeO^2 + Te$. La réaction observée est donc incomplète.

Il reste à rechercher si l'on doit regarder comme du sous-oxyde TeO le produit qui, dans l'expérience précédente, résulte de la décomposition du sulfoxyde, à un certain stade de celle-ci. Dans l'affirmative, le produit obtenu plus haut dans la réaction partielle pourrait être, à une certaine phase du chauffage, du tellure recouvert de sous-oxyde.

---

(1) Littmann, *Z. ang. Ch.*, t. 19, 1906, p. 1035, 1084.
(2) Moles, *J. Ch. ph.*, t. 13, 1915, p. 207.
(3) Beckmann et Hanslian, *Z. an. Ch.*, t. 80, 1913, p. 221.

D'après Divers et Shimozé, le sous-oxyde renferme toujours du soufre. Ils le purifient en le lavant dans une dissolution faible de carbonate de soude, sans action sur le sous-oxyde, puis à l'eau, à l'alcool et le séchant enfin au bain d'air.

La substance que nous avons préparée dans les conditions indiquées par eux renfermait en effet après chauffage une proportion élevée de soufre. Après traitement par le carbonate de soude, l'analyse a indiqué une teneur en tellure de 100, 17 pour 100. Le produit insoluble dans une solution de carbonate n'est donc pas constitué par du sous-oxyde, mais par du tellure pur.

L'application de la même méthode d'analyse nous a montré que le tellure amorphe partiellement oxydé à l'air n'est qu'un mélange d'oxyde TeO^2 et de tellure.

Afin de rechercher si le sous-oxyde ne se formerait pas dans certaines conditions, nous avons enfin essayé de déterminer la courbe de fusion du système $Te - TeO^2$. Nous avons constaté l'impossibilité de ces mesures, sous la pression atmosphérique, le tellure fondant le premier et se séparant rapidement de l'oxyde par volatilisation.

En résumé, nos expériences ne confirment pas la production du sous-oxyde de tellure TeO dans les conditions énoncées par Divers et Shimozé. La réaction qu'ils indiquent est incomplète quand on l'exerce sur du tellure pur, et le corps décrit comme sous-oxyde TeO n'est qu'un mélange d'oxyde TeO^2 et de tellure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition pyrogénée brusque du formiate de méthyle et sur le principe de la moindre déformation moléculaire.* Note de M. **J.-A. Muller** et de Mlle **E. Peytral**, présentée par M. A. Haller.

L'un de nous a déjà publié les résultats d'un certain nombre de recherches [1] qui ont eu pour objet l'étude des produits de décomposition pyrogénée de composés organiques volatils, dont on faisait passer, plus ou moins rapidement, les vapeurs dans un tube en platine, de 2^{mm} de diamètre intérieur, chauffé, sur une longueur de 11^{cm}, vers 1150°.

Dans ces conditions, le formiate de méthyle donne principalement de

(1) Mlle E. Peytral, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 703; et *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. 27, 1920, p. 34; t. 29, 1921, p. 39; t. 31, 1922, p. 113; t. 35, 1924, p. 960.

l'aldéhyde formique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Or, en faisant varier la vitesse de passage des vapeurs de formiate de méthyle dans le tube en platine chauffé et en appliquant aux résultats numériques trouvés dans ces expériences — qui seront publiés ultérieurement — la théorie des décompositions, simultanées ou successives, provoquées par des agents physiques, indiquée dans un Mémoire antérieur [1], on trouve que l'oxyde de carbone et l'hydrogène, constatés parmi les produits de décomposition de l'éther-sel, proviennent de la décomposition secondaire d'une partie des molécules d'aldéhyde formique résultant elles-mêmes du dédoublement primitif du formiate de méthyle. Ainsi, chauffé brusquement à température élevée, ce dernier corps commence principalement par se scinder en fournissant, par molécule, deux molécules de méthanal : ce qui représente la moindre dislocation moléculaire que puisse éprouver, dans ce cas, le formiate de méthyle.

Ce mode de décomposition de l'éther-sel dont il s'agit ici, comme ceux de tous les composés étudiés antérieurement, paraît donc se faire conformément à un principe que l'un de nous, à la suite d'une étude sur les décompositions pyrogénées des amines volatiles [2], avait proposé d'appeler *principe de la moindre déformation moléculaire*.

Appliqué aux décompositions pyrogénées, il résulte de ce principe — qui s'applique aussi à d'autres genres de réactions — qu'en portant brusquement un système moléculaire à une température élevée où il se décompose, plus ou moins rapidement, en donnant une série de réactions endothermiques ou faiblement exothermiques, ce système ne tend généralement vers l'état d'équilibre qui correspond aux nouvelles conditions auxquelles il se trouve soumis, qu'en passant par une suite d'états intermédiaires et de telle façon que, dans les molécules qui prennent naissance, simultanément ou successivement, les liaisons atomiques diffèrent entre elles le moins possible, pour le même état ou d'un état au suivant.

LITHOLOGIE. — *Métamorphisme de contact dans le Djebilet et les Rehamna (Maroc).* Note [3] de M. J. **Barthoux**.

Le métamorphisme des formations paléozoïques par le granite est très inégal dans les Djebilet et Rehamna, parfois nul comme à l'ouest de l'ellipse

---

(1) J.-A. Muller, *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 793.
(2) J.-A. Muller, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. **45**, 1886, p. 440.
(3) Séance du 22 septembre 1924.

granitique de Sidi Md. Djirari, parfois au contraire intense comme au voisinage de Sidi Bou-Othman. Le plus souvent il a pour conséquence la formation de schistes micacés et de schistes tachetés et ces roches apparaissent même en maints endroits (pont du Tensift, route de Mazagan, dans les Dj. Azemmour et Mrouga), loin de tout massif granitique et leur isolement doit les faire considérer comme dus à l'action verticale d'une roche granitique profonde dont aucun affleurement ne trahit la présence. Il en est ainsi à Sidi Bou-Othman où la présence du granite en profondeur n'est décelée que par les filons issus de son magma ou par le métamorphisme intense qu'il exerce sur le complexe schisto-calcaire.

A Sidi Bou-Othman, l'auréole métamorphisée est en bordure du Djebilet, au sud de cette localité. Elle s'étend sur un demi-cercle de 12^{km} de diamètre et affecte les schistes, les calcschistes et les calcaires variés du Dévonien inférieur et les roches ci-dessous qui en résultent rappellent celles décrites par M. A. Lacroix dans les Pyrénées.

Près de Sidi Bou-Othman, jusqu'à une distance d'environ 1500^{m}, affleurent les calcaires et les calcschistes. C'est le gîte des grenats, de la wollastonite, de l'idocrase et du diopside, minéraux dominants dans cette zone métamorphosée. La stratification des roches primitives a en partie disparu, ou n'est plus décelée que par l'abondance d'un des minéraux précédemment cités, réparti suivant les bancs de la roche. Elle est aussi masquée par une imprégnation intime de graphite. On rencontre les types suivants :

Calcaire à diopside. — Cette roche est fréquente au large de l'auréole où elle est dispersée en petits lambeaux. Elle représente le terme le plus éloigné du métamorphisme des calcaires. On y voit parfois du grenat grossulaire disposé en grains irréguliers dans la roche. Celle-ci est chargée de graphite réparti entre les fragments organiques de calcite. On y remarque aussi des grains de quartz. Le diopside est parfois allongé suivant la zone h^1g^1. Il est très répandu même dans des roches éloignées qui, par leur distance et leur aspect, paraîtraient devoir échapper au métamorphisme.

Calcschistes à diopside. — Le diopside est réparti en petits grains dans la roche ou en cristaux squelettiques montrant des baguettes de même orientation mais allongées dans deux directions orthogonales. Ces roches renferment parfois de l'idocrase.

Cornéenne à diopside et scapolite. — L'aspect du diopside est le même en baguettes enchevêtrées. Ce minéral a tendance en outre à se développer au voisinage des plans de stratification tandis que des plages pœcilitiques de scapolite se trouvent dans les intervalles laissés entre les plans précédents.

La même roche contient parfois du grossulaire.

Calcschiste à clinozoïsite et diopside. — Le fond quartzeux de la roche apparaît en divers endroits des préparations; le reste est constitué par du diopside, des amas ou

des filonets de clinozoïsite et des flocons de calcite. La même roche existe avec larges cristaux de clinozoïsite et de grossulaire, ces derniers englobant les autres.

Grenatite. — Cette roche est entièrement constituée par des cristaux de grossulaire atteignant la taille du poing. Examinés au microscope ils se montrent hétérogènes en ce qu'ils renferment de nombreux grains de diopside ou de calcite. On y voit aussi de la wollastonite en baguettes radiées. Ce minéral est, par place, très abondant; mais il est à remarquer qu'il a une tendance à se rassembler et s'il n'est pas en masses radiées dans la roche, il apparaît en petites colonnes fibreuses, blanches, normalement disposées entre deux strates et paraissant sectionnées par les plans de stratification.

Grès schisto-calcaire à grenat, diopside et clinozoïsite. — Le quartz a recristallisé en belles plages ainsi que la calcite. La clinozoïsite est disposée en larges cristaux et le grossulaire, dernier minéral formé, englobe les précédents.

Une de ces roches a montré l'association anormale du grenat et de la biotite, ce que laisse prévoir la présence de schistes micacés entre les séries grenatifères, aux endroits où les schistes séparaient les roches calcaires.

Calcschiste à idocrase. — La roche est à grain fin et composée de quartz auquel se superposent des plages de calcite. Des cristaux d'idocrase à extrémité irrégulière englobent pœcilitiquement les minéraux originels de la roche. On voit un peu de diopside dans ces roches.

Je rappelle que toutes ces roches sans exception sont plus ou moins imprégnées de graphite. Les grenatites sont les plus riches en carbone; certaines d'entre elles en contiennent 40 pour 100. Le diopside, en filonets irréguliers, les imprègne ou les traverse.

Au large de ce district calcaire réapparaissent les schistes. Leur métamorphisme donne une large zone de schistes à andalousite parmi lesquels on peut recueillir des chiastolites de 25^{cm} de long (Dj. Zoukber). Le plus souvent le minéral est largement réparti dans la roche en cristaux raccourcis donnant des schistes noduleux.

Les schistes tachetés sont rares à l'extrême limite de cette auréole; par contre les schistes à actinote terminent la série des métamorphoses.

L'auréole du granite de Si. A. E. Rahman renferme des schistes micacés avec ou sans cordiérite. La zone extrême est invisible par suite de l'érosion qui n'a conservé que le contact immédiat de la roche éruptive. Les grès ordoviciens qui affleurent le long du contact donnent des grès à diopside ou des grès compacts dans lesquels sont dispersés de fins cristaux d'actinote.

Autour du granite de Si. Md. Djirari, le métamorphisme n'est apparent que sur la bordure orientale du massif. Les schistes donnent des leptynolites et au nord-est, réapparaissent des roches compactes qui sont des cornéennes à clinozoïsite semblables aux précédentes. Les grès ordoviciens

du Tentana sont parcourus de veinules parallèles de diopside. La même roche existe dans le Dj. Ouizzerne.

La roche éruptive, dans le Dj. Azemmour, n'est pas atteinte par l'érosion. La montagne est constituée par un schiste tacheté à cordiérite montrant des cristaux noduleux de ce minéral englobant pœcilitiquement le quartz de la roche.

Des schistes micacés affleurent de la même manière sur de petits espaces en divers autres endroits du Djebilet, notamment près du pont de la route de Mazagan et autour du Dj. Baram. Il est certain que la présence des granulites n'est qu'une coïncidence ici car le métamorphisme ne peut provenir que d'un granite monzonitique affleurant au nord-est de cette montagne.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les anomalies apparentes des molaires d'éléphants et sur le nombre des lames de leurs couronnes.* Note de M. **Sabba Stefanescu.**

I. Sous le nom d'anomalies apparentes des molaires d'éléphants, j'entends les anomalies d'organisation qui n'existent pas en réalité, mais qui existent sur certaines figures des faces masticatrices de ces molaires publiées par des paléontologistes. Exemples :

a. Une pareille anomalie s'observe sur la figure 37, page 129 du Mémoire de Pohlig (¹). Elle consiste en ce que, au milieu de la longueur de la couronne d'une $M_{\overline{3}}$ d'*Elephas meridionalis*, transversalement à la longueur de la face masticatrice, est représenté un cordon d'émail sans aucune autre indication qui puisse permettre de reconstituer la lame à laquelle il appartient. Pour Pohlig, ce cordon « représente anormalement une paroi simple au lieu d'une paroi double d'émail », mais à notre avis il représente la section de la paroi, antérieure ou postérieure, d'une lame, dont la paroi opposée, les parois latérales et la dentine qu'elles doivent limiter ont échappé aux investigations de l'auteur.

b. De nombreux autres exemples s'observent sur les figures 3, 4 (1re Partie), 5, 9, 11, 12, 14, 25, 26, 28, 29, 30, 33 (2e Partie) du Mémoire de Roman et Mayet, Depéret et Mayet sur les Éléphants pliocènes (1923). Ces figures représentent les faces masticatrices de divers molaires *Elephas planifrons*, *meridionalis* et *ausonius*. Pour préciser en quoi consistent

(¹) *Dentition und Kraniologie des* Elephas antiquus, Ire Partie, 1888.

les anomalies apparentes que l'on observe sur ces figures, il est nécessaire d'exposer la structure de la couronne :

1. D'après mes recherches, chaque lame de la couronne est formée de deux tubercules congénères, fusionnés par leurs côtés internes, jusqu'à une certaine hauteur, à partir de leurs bases vers leurs sommets ([1]).

2. La paroi antérieure de chaque lame se continue par sa base avec la paroi postérieure de la lame voisine d'en avant; sa paroi postérieure se continue avec la paroi antérieure de la lame voisine d'en arrière. Il en résulte que les lames voisines limitent des espaces qui alternent avec elles, espaces appellés communément des *vallées*.

3. Chaque lame est pourvue d'une enveloppe de cément, plus étroite à la base de la lame, laquelle est plus large, et plus large au sommet de la lame, lequel est plus étroit. Les enveloppes de cément voisines sont en contact par leurs faces en regard. Elles donnent aux lames l'aspect de briques parallèles, juxtaposées. Il est donc impropre de dire que les vallées sont remplies de cément; tout au contraire, ce sont les lames qni sont enveloppées de cément ([2]).

4. Les fonds des vallées déterminent sur la face radicale de la couronne des crêtes radicales transversales, par rapport à la longueur de la couronne, et divisées, par un sillon médian, en deux moitiés symétriques, dénommées *lobes radicaux* ([3]).

5. Si donc on dit que les vallées sont remplies de cément, nous dirons aussi que les crêtes radicales et les lobes radicaux sont également remplis de cément.

6. Les caractères morphologiques de la face radicale et des lobes radicaux sont importants, non seulement pour connaître la structure de la couronne, afin d'éviter les anomalies apparentes, et de compter exactement les lames, mais aussi pour séparer les phylums ou rameaux phylogéniques des éléphants. Il est impossible, par exemple, de confondre la face radicale et les lobes radicaux des molaires des éléphants du phylum *planifrons-meridionalis* avec la face radicale et les lobes radicaux des molaires d'*Elephas antiquus*. Les lobes radicaux du premier phylum sont rectangulaires, tandis que ceux du dernier sont cunéiformes ([4]).

([1]) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 735.
([2]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1054.
([3]) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 611.
([4]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1119.

7. Les crêtes radicales et les lobes radicaux sont tapissés de dentine, qui en s'épaississant se confond en une masse plus ou moins épaisse, étendue sous forme de couche à la base de la couronne. Nous disons donc incorrectement, que les crêtes radicales et les lobes radicaux pénètrent, comme des coins, dans la dentine qui forme la base de la couronne.

8. Si l'érosion de la couronne n'est pas profonde, on voit sur la face érodée les sections des lames remplies de dentine, alternant avec les sections des vallées remplies de cément; mais si l'érosion est tellement profonde que même la dentine de la base de la couronne se trouve abrasée, comme cela arrive à la partie antérieure de la couronne, alors la surface ainsi érodée prend l'aspect d'un *champ de dentine*, uni — si l'érosion a fait disparaître toutes traces de lames et de vallées — ou parsemé de cordons d'émail fragmentés et de figures ovales ou rondes entourées d'émail et remplies de cément — si l'érosion a été incomplète. Ces figures sont les sections des crêtes radicales et des lobes radicaux. Elles sont dénommées simplement *îlots*, s'ils sont isolés, ou *îlots géminés*, s'ils sont associés par paires (¹).

9. Les *îlots géminés* ressemblent à s'y méprendre avec les figures ovales limitées d'émail et remplies de dentine dénommées par Pohlig *figures géminées*, mais tandis que l'émail des *îlots géminés* appartient à deux lames voisines, l'émail des *figures géminées* appartient à une seule et même lame.

10. Pour reconstituer l'organisation exacte de la partie de la couronne profondément érodée, il faut raccorder de telle manière les cordons d'émail fragmentés qui appartiennent aux lames, et ceux qui appartiennent aux crêtes radicales et aux lobes radicaux, *que la place occupée par la dentine des lames abrasées ne soit par cônfondue avec la place occupée par le cément des crêtes radicales et des lobes radicaux*. Or, justement, cette opération n'a pas été effectuée par les auteurs des figures dont nous nous occupons. Sur ces figures ils ont indiqué la dentine en *blanc*, l'émail en *noir* et le cément en *gris*. Tout est bien indiqué *hors le champ de dentine et ses accidents*. Les anomalies apparentes qu'on y constate consistent en ce que *la place de la dentine des lames et de la base de la couronne est indiquée en gris* (*cément*), au lieu de blanc (dentine), et que *l'intérieur des îlots isolés ou géminés est indiqué en blanc* (*dentine*), au lieu de gris (cément).

11. En remplaçant la dentine des lames et de la base de la couronne par le cément des crêtes radicales et des lobes radicaux, et *vice versa*, les mêmes

(¹) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 100.

auteurs comptent les lames de la couronne d'une manière qui ne correspond pas à son organisation.

Ils affirment, par exemple, que $M_3 g$ d'*Elephas planifrons*, (fig. 105-106 de leur Mémoire) est « complète avec ses talons intacts » et qu' « aucune lame n'a encore disparu : on peut donc compter ce nombre exact : 10 lames plus les talons ». Or, à la partie antérieure de la couronne de cette molaire, *il y a deux paires d'îlots géminés, qui attestent la disparition complète du talon antérieur et de la première lame antérieure*. Derrière celle-ci suivent la troisième lame antérieure en voie de disparition et 7 lames, y compris le talon postérieur. Nous comptons donc : 8 lames plus les talons.

D'autres exemples (p. 79, fig. 4, pl. I; p. 108-109, fig. 4, pl. II; p. 113-114, fig. 9 et fig. 4, pl. V; p. 151, fig. 6, pl, VIII; p. 169, fig. 2, pl. XI), nous autorisent à conclure que les deux méthodes de recherches, à savoir, celle pratiquée par Depéret, Roman et Mazet et celle pratiquée par nous, sont entièrement différentes et conduisent à des résultats discordants.

CHIMIE VÉGÉTALE — *Régénération de l'excitabilité amylogène des plastes pendant l'hydrolyse*. Note de M. **A. Maige**, transmise par M. Marin Molliard.

Si l'on observe une coupe d'hypocotyle d'embryon de haricot prélevé dans la graine fraîche à la fin de la période de synthèse, on constate que les cellules sont remplies de plastes amylifères uniloculaires.

Un pareil embryon, disposé sur une solution de glucose à 5 pour 100 pendant 24 heures, la section au contact de la solution présente ($t = 16^\circ$-20°) une réaction amylogène nulle ou presque nulle, ce qui indique chez les plastes arrivés à cet état un degré d'excitabilité que l'on peut considérer comme très faible. Or les mêmes embryons soumis au préalable à une hydrolyse de deux jours sur du buvard humide ou prélevés dans la graine fraîche pendant la période d'hydrolyse qui accompagne la maturation et cultivés dans les mêmes conditions présentent une réaction amylogène nette qui peut être très accusée : leurs plastes ont donc récupéré leur excitabilité au cours de l'hydrolyse. J'ai étudié expérimentalement les diverses modalités de cette régénération, soit en ce qui concerne l'excitabilité générale de deux cellules différentes, soit en ce qui regarde les plastes d'une même cellule.

J'ai signalé antérieurement que l'hydrolyse de l'amidon dans la graine suivait une marche différente dans les diverses régions ou assises de l'embryon ; elle est plus active dans la radicule que dans la tigelle et dans cette

dernière plus accusée dans l'écorce que dans la moelle; enfin dans l'écorce c'est dans les assises sous-épidermiques et endodermiques qu'elle est le plus prononcée. L'hydrolyse de l'amidon dans ces diverses régions est assez souvent accompagnée par une très faible réaction amylogène qui se traduit généralement par l'apparition de 1-3 petites loges sur les plastes en voie de dissolution, rarement par celle de nouveaux plastes amylifères. Or, lorsque cette réaction se produit, son développement suit la marche précitée de l'hydrolyse dans les diverses parties de l'embryon.

Les différences d'excitabilité amylogène de ces diverses régions ou assises sus-indiquées peuvent aussi être mises en évidence par leur réaction vis-à-vis d'une solution de glucose à 5 pour 100 ($t = 16^{\circ}$-20°, $d = 24^{h}$). Ainsi, en opérant sur un hypocotyle au début de l'amylolyse, alors que celle-ci ne se manifeste à son intérieur que dans l'assise hypodermique et dans l'endoderme, et avant toute réaction amylogène, on ne provoque cette réaction que dans les deux assises précitées. Si l'on opère à un état d'hydrolyse plus avancé, on peut obtenir dans toutes les cellules de l'écorce une réaction amylogène se traduisant dans les assises périphériques et l'endoderme par la formation de plastes des deux types connus, et dans les assises moyennes par une réaction uniloculaire ou pluriloculaire en calotte portant généralement sur les plastes amylifères seuls. La moelle ne présente presque jamais de réaction et le fait peut se manifester également dans certains embryons pour les cellules de la partie interne de l'écorce (sauf l'endoderme). L'ensemble de ces faits montre nettement que si l'on compare une cellule de l'écorce périphérique à une cellule de l'écorce interne, et cette dernière à une cellule de la moelle, le développement de l'excitabilité amylogène de la cellule marche de pair avec son activité hydrolytique.

Si l'on examine maintenant comment les plastes amylifères d'une même cellule prise dans l'écorce par exemple se comportent pendant l'hydrolyse, on observe immédiatement que leur dissolution se fait avec une rapidité très variable avec les divers plastes. On peut constater en effet pendant l'hydrolyse la présence de plastes très petits peu colorables (par l'iode), en voie de disparition complète, à côté de plastes volumineux fortement colorables et dont le volume n'a que très peu diminué, alors qu'à la fin de la synthèse les divers plastes diffèrent beaucoup moins les uns des autres comme volume et comme coloration. Or, si l'on étudie l'excitabilité amylogène de la cellule par l'action d'une solution de glucose à 5 pour 100, la réaction amylogène se manifeste presque toujours après 24 heures ($t = 16^{\circ}$-20°) dans les seuls plastes amylifères qui ont subsisté, alors que

ceux qui ont déjà dissous leur amidon ne réagissent pas. Le fait se présente d'une façon particulièrement nette dans certaines cellules de l'écorce de la tigelle et de la radicule renfermant un très petit nombre de plastes amylifères qui réagissent seuls, alors que les autres plastes, pourtant nombreux, qui ont déjà dissous leur amidon restent inactifs. De même lors de la germination sur le buvard humide des embryons provenant de graines qui viennent d'arriver à dessiccation, la réaction amylogène des cellules ne porte généralement que sur l'écorce, et dans toute celle-ci ou dans la partie interne seulement sur les plastes amylogènes seuls nombreux ou non.

Il faut conclure de ces faits que dans une même cellule ce sont les plantes à dissolution lente qui ont le seuil de condensation le plus bas, et ce fait est d'ailleurs confirmé par l'observation rapportée plus haut, que la faible réaction amylogène qui peut accompagner l'hydrolyse des embryons prélevés frais dans la graine affecte en général uniquement les plastes susvisés.

Quelle que soit l'origine plastidale ou extraplastidale que l'on assigne à l'amylase, il résulte de ce qui précède que, dans une cellule, les plastes amylifères à dissolution lente apparaissent comme des plastes qui résistent à l'hydrolyse, comme des plastes qui exercent sur l'action dissolvante que tend à produire l'amylase sur l'amidon qu'ils renferment une influence inhibitrice.

Cette action inhibitrice qui règle la dissolution de l'amidon dans le plaste, étant liée au seuil de condensation, peut être regardée, de ce fait, comme appartenant au mécanisme physiologique de l'excitabilité amylogène dont elle représente en quelque sorte la forme d'activité pendant l'hydrolyse.

En résumé, les plastes amylifères qui ont perdu leur excitabilité amylogène à la suite d'une amylogenèse prolongée, la récupèrent pendant l'amylolyse, et cette régénération est d'autant plus active pour une cellule (comparée aux cellules voisines) que l'action amylolytique y est plus prononcée. Dans une même cellule la dissolution de l'amidon s'effectue avec une rapidité différente suivant les plastes. Les plastes à dissolution lente ont vis-à-vis des plastes à dissolution rapide une excitabilité amylogène plus accusée correspondant à une inhibition plus accentuée de l'action de l'amylase.

Cette influence inhibitrice, variable suivant les plastes, doit être considérée comme une des formes de réaction de l'excitabilité amylogène vis-à-vis du taux de sucre de la cellule; elle règle la dissolution de l'amidon dans chaque plaste pendant l'hydrolyse.

ZOOLOGIE. — *Valeur spécifique des trois sortes de Lamproies d'Europe et stades jeunes de* Petromyzon fluviatilis. Note de M. L. LÉGER, présentée par M. Ch. Gravier.

La question de la valeur spécifique de nos trois sortes de Lamproies, *Petromyzon marinus*, *P. fluviatilis* et *P. planeri* est encore fort discutée et c'est un fait qui peut paraître surprenant puisque, sous leur forme adulte sexuée, elles présentent des différences bien tranchées dans la taille, l'armature buccale, la forme et la position relative des nageoires, le coloris, etc. C'est que, dans l'ignorance où nous sommes restés jusqu'ici des stades jeunes de *P. marinus* et de *P. fluviatilis* il était permis de supposer qu'ils fussent semblables à *P. planeri* adulte, ce qui justifiait l'hypothèse d'après laquelle ces trois formes ne seraient que de simples variétés d'un seul et même type spécifique, progressivement différenciées au cours de la croissance par des conditions de vie différentes.

Et ainsi, tandis que la plupart des auteurs français admettent implicitement la spécificité de nos trois sortes de Lamproies, l'école allemande depuis A. Schneider (1879) suivi par Waygel soutient l'idée que *P. fluviatilis* et *P. planeri* ne sont que deux races ou variétés d'une même espèce dues aux conditions de milieu. Benecke (1886) réunit même les deux formes sous le seul nom spécifique de *P. fluviatilis*.

En France, Moreau (1881) se demande également si les Lamproies de Planer ne seraient pas des stades jeunes de la Lamproie fluviatile et en Suisse; Fatio, dans son travail si documenté sur la faune suisse, adopte définitivement l'idée allemande en réunissant ces deux formes sous une même espèce, *P. fluviatilis*, dont il distingue alors deux variétés : *minor* et *major*.

Hofer, dans son grand ouvrage sur les poissons d'eau douce (1909), après avoir fait remarquer que nous ignorons si le *P. fluviatilis* gagne la mer sous forme de larve ou sous forme de *P. planeri*, considère que ces deux formes doivent constituer une espèce unique et, curieuse coïncidence, son atlas nous montre, sous le nom de *P. fluviatilis*, une figure qui représente beaucoup plus exactement, en grandeur naturelle, un *P. planeri*. Plus loin, le même auteur après avoir émis l'idée que les caractères différentiels des trois formes se réalisent progressivement au cours de la croissance, incline à les regarder comme formant une seule et même espèce.

C'est enfin l'opinion définitivement acceptée par E. Walter dans son ouvrage récent (Leipzig 1913) qui considère les trois sortes de Lamproies

comme variétés d'une seule et unique espèce oscillant autour du type *P. fluviatilis*, dont la forme *planeri* ne serait qu'une forme naine d'eau douce et le *P. marinus*, une forme géante due à son long séjour en mer.

Sans qu'il soit nécessaire d'invoquer les différences morphologiques à l'état larvaire encore insuffisamment connu pour *P. fluviatilis* et *P. marinus*, et tout en faisant remarquer cependant que A. Müller cité par Moreau avait déjà noté que les Ammocètes de *planeri* diffèrent de celles de *fluviatilis* par la forme de la bouche, nous allons d'abord montrer, grâce à l'étude que nous avons pu faire des stades jeunes post-larvaires de *P. marinus* et de *P. fluviatilis*, que ces deux formes constituent bien deux espèces différentes et distinctes de *P. planeri*, car elles possèdent déjà, dès leur métamorphose en eau douce et alors qu'elles n'ont même pas encore atteint la taille de *planeri* adulte, tous leurs caractères spécifiques.

D'abord, en ce qui concerne le *P. marinus*, l'espèce la moins discutée d'ailleurs, nous avons fait connaître dans une Note précédente [1] les stades jeunes post-larvaires de cette espèce et montré qu'ils ont déjà la dentition et la disposition des nageoires caractéristiques de l'adulte alors qu'ils n'ont pas encore quitté l'eau douce et que leur taille est à peine égale et parfois même inférieure à celle de *P. planeri* adulte. Il ne peut donc subsister aucun doute au sujet des valeurs spécifiques respectives de *P. marinus* et de *P. planeri*.

En ce qui concerne le *P. fluviatilis*, dont la valeur scientifique est si discutée, la question ne pouvait être résolue, comme dans le cas précédent, que par l'observation et l'étude de ses jeunes stades post-larvaires. Or nous avons eu la chance de rencontrer ces jeunes stades dans la Loire, en Touraine, par une période exceptionnelle de basses eaux d'hiver, cachés pendant le jour sous les pierres submergées dans le courant affaibli, à quelque distance de la rive. Leur taille inférieure à celle de *P. planeri* adulte ne dépassait pas 14^{cm}. Ce sont des formes frêles, plus effilées que les *planeri*, de coloration gris jaunâtre sur le dos et plus claire sur le ventre. La tête s'étire en un museau conique avec une ventouse médiocrement développée et des yeux relativement très grands (3^{mm} de diamètre), ce qui, à taille égale, leur donne un aspect bien différent de celui des deux autres espèces. Mais ce qu'il importe surtout de noter c'est que, malgré la petite taille des sujets, l'armature buccale (y compris celle du piston lingual), parfaitement diffé-

---

[1] L. Léger, *Jeunes stades d'eau douce et biologie de la Lamproie marine* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 251).

renciée, présente déjà tous les caractères de celle de *P. fluviatilis* adulte (mâchoire inférieure à 7 dents triangulaires acérées, mâchoire supérieure à 2 dents latérales coniques aiguës espacées); de même la disposition des nageoires dorsales de faible hauteur et nettement séparées par un intervalle de 8^{mm} est bien différente de celle de *P. planeri* avec laquelle elle ne peut être confondue, pas plus qu'avec *P. marinus* jeune dont l'armature buccale et la forme générale sont si caractéristiques. Ainsi, *P. fluviatilis*, comme *P. marinus*, effectue sa dernière métamorphose en eau douce avant de gagner la mer.

Conclusion. — Les trois sortes de Lamproies d'Europe, désignées respectivement sous les noms de *Petromyzon marinus*, *P.* (= *Lampetra*) *fluviatilis* et *P.* (= *L.*) *planeri*, doivent être considérées comme des espèces distinctes, car leurs caractères différentiels, nettement accusés chez l'adulte sexué, sont déjà réalisés dès la métamorphose qui suit leur longue vie larvaire en eau douce. En particulier pour *P. fluviatilis* et *P. planeri* dont la valeur spécifique est si discutée, ces caractères sont déjà réalisés chez la première, alors qu'elle n'a pas atteint la taille de *P. planeri* adulte.

Pour ces trois espèces, la métamorphose paraît s'effectuer, à part certains écarts individuels, à peu près à la même taille, de 13 à 15^{cm} environ; mais tandis que chez la Lamproie marine et chez la L. fluviatile, cette métamorphose est le signal d'une vie nouvelle à régime carnassier suceur avec dentition acérée qui va provoquer une nouvelle période de croissance en mer avant d'aboutir au stade sexuel, chez la petite Lamproie de Planer qui reste en eau douce, la métamorphose marque le stade sexuel même et la fin de la croissance, de sorte que l'alimentation larvaire aux dépens du microbenthos (petites larves et proies minuscules de la vase) est l'unique régime alimentaire de cette espèce. Un tel régime ne nécessite plus de dents aiguës perforantes et les odontoïdes mousses et perlés de *P. planeri* ne représentent plus qu'un témoin rudimentaire de la dentition carnassière ancestrale.

CYTOLOGIE. — *Appareil réticulaire interne de Golgi, trophosponge de Holmgren et vacuome.* Note (¹) de MM. **M. Parat** et **J. Painlevé**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons montré antérieurement (²) dans les cellules des glandes salivaires des larves du Chironome l'indépendance du chondriome et du vacuome, et nous avons pu assimiler à celui-ci, au moment de l'excrétion, l'appareil réticulaire interne de Golgi et, *pro parte*, l'appareil trophospongial de Holmgren.

Cette assimilation s'appliquait-elle à des cellules de types variés et de fonctions diverses, tant chez les Invertébrés que chez les Vertébrés? Afin de résoudre ce problème avec plus de sécurité, nous nous sommes adressés d'abord à quelques cas typiques étudiés avec soin par des spécialistes de l'appareil de Golgi; nous nous sommes efforcés ensuite d'étendre le champ de nos investigations :

Invertébrés. — Les recherches de Bialkowska et Kulikowska (³) sur les ganglions nerveux d'*Hirudo medicinalis* ont attiré notre attention sur une disposition curieuse de l'appareil de Golgi, susceptible de nous fournir l'objet d'une expérience presque cruciale. Les « grandes cellules » de ces ganglions présentent en effet deux zones d'appareil réticulaire, l'une périnucléaire, l'autre externe alternant avec les « zones chromophiles » interne et externe d'Apáthy; elles correspondent aux « zones alvéolaires » périnucléaire et externe de ce dernier et *à la trophosponge de Holmgren*. Or il résulte de nos observations vitales que l'appareil de Golgi correspond en réalité *à un grand nombre de petites vacuoles*, aisément mises en évidence par le rouge neutre, que les méthodes à l'osmium ou à l'argent réduit font confluer en un réseau purement artificiel.

Ce sont également de minuscules vacuoles colorables vitalement que Hirschler (⁴) a étudiées comme appareil de Golgi dans l'épithelium stomacal de *Ciona intestinalis*. Nous sommes arrivés à de semblables conclusions en étudiant des larves *pluteus* de *Paracentrotus lividus*, de *Parechinus miliaris*, des tentacules de *Terebella lapidaria*, des *Oikopleura* sp., *Haliclystus octoradiatus*, des larves de *Tanypus* sp., etc.

(¹) Séance du 20 octobre 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 543 et 612.
(³) *Anat. Anz.*, t. 38, 1911, p. 193-207.
(⁴) *Anat. Anz.*, t. 47, 1914, p. 289-311.

Vertébrés. — Nous avons étudié l'appareil réticulaire dans :

a) les glandes de l'estomac des Batraciens (Golgi, 1909), les cellules caliciformes et les cellules à plateau de l'intestin (Cajal, 1904). Là encore, la formation d'un réseau est imputable à la confluence de vacuoles protoplasmiques.

b) le pancréas. D'excellentes figures ont été données par Cajal (1915) et par Nassonof (1). Mais de nos préparations et de nos examens vitaux effectués sur des pancréas de jeunes Sélaciens (*Scyllium*), de Téléostéens (*Lepadogaster*, *Nerophis*), de larves de Salamandre et de Tritons adultes, il résulte que ces deux savants ont imprégné, soit les vacuoles colorables par le rouge neutre, stades initiaux de grains de sécrétion, situées effectivement dans une zone très spécialisée au-dessus du noyau (Nassonof, 1924, fig. 30 et 33), soit la périphérie de ces mêmes vacuoles ou les espaces intervacuolaires (Nassonof, 1923, fig. 20-26), soit enfin des vacuoles excrétrices analogues à celles que nous avons décrites chez le Chironome au moment de leur abouchement dans les canalicules intercellulaires (Nassonof, 1924, fig. 25 et 29).

c) le foie. Les figures de Pappenheimer (1916) montrent des images à coup sûr vacuolaires comparables à celles que Noël (2) et nous-mêmes avons pu obtenir vitalement.

d) le rein. La belle planche d'Avel (3) qui témoigne de la maîtrise technique de l'auteur est superposable à nos résultats vitaux. Les figures 1, 4, 5 et 6 (collet et segment à bâtonnets de reins de Grenouille et de Triton) sont typiques et l'auteur lui-même fait d'ailleurs remarquer que « l'appareil, au pôle urinaire, est formé d'un ensemble de nodosités unies par des liens très lâches pouvant manquer ».

En résumé, nos recherches viennent confirmer les conceptions de Bensley (1910) et de Henneguy (4), elles permettent d'étendre à la cellule animale les résultats de Guilliermond et de Mangenot (1922) sur la cellule végétale.

Conclusion. — L' « appareil » cellulaire que l'on a coutume d'appeler « appareil réticulaire » interne de Golgi ou « trophosponge » de Holmgren résulte *d'un précipité d'argent ou d'osmium métallique à l'intérieur, à la périphérie ou dans les intervalles des vacuoles protoplasmiques.*

---

(1) *Arch. f. mikr. Anat.*, t. 97, 1923, et t. 100, 1924.
(2) *Arch. d'Anat. Micr.*, t. 19, 1923, p. 1.
(3) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, t. 90, 1924, p. 794.
(4) *La vie cellulaire*, 1923, p. 31.

Il n'existe pas d' « appareil » cellulaire; les deux seules entités morphologiques de toute cellule végétale (Guilliermond) et animale sont le *vacuome* (Dangeard) et le *chondriome*.

ANATOMIE. — *Sur l'appareil digestif et absorbant de quelques Échinides Réguliers*. Note de M. **A. Bonnet**, présentée par M. L. Joubin.

Lorsqu'on étudie les dispositions anatomiques que présentent les deux courbures directe et récurrente du tube digestif chez les Échinides Réguliers, on est frappé par ce fait que, chez certaines espèces, ces anses sont disposées dans deux plans superposés presque horizontaux, tandis que chez d'autres espèces, les courbures décrivent de grandes inflexions dorso-ventrales secondaires.

On a souvent admis que ces ondulations dorso-ventrales des deux anses digestives étaient en relation avec l'état de maturité et de développement des glandes génitales; or, une dissection minutieuse du tube digestif et des brides mésentériques qui relient son bord externe à la paroi interne du test, montre au contraire que ces dispositions sont constantes pour une espèce donnée, et non en relation avec l'état de développement des glandes sexuelles.

Nous avons étudié à ce point de vue quatre espèces appartenant à la Faune française méditerranéenne : *Echinus acutus*, *Sphœrechinus granularis*, *Paracentrotus lividus* et *Arbacia œquituberculata* qui, chacune, présentent des caractères très nets et bien spéciaux.

Chez le *E. acutus*, les deux circonvolutions digestives sont situées dans deux plans subhorizontaux, l'anse directe au niveau du tiers inférieur de l'animal, l'anse récurrente un peu au-dessus du milieu du corps. Les brides mésentériques sont très fines, longues et assez espacées les unes des autres.

Le tube digestif du *S. granularis* offre des dispositions très différentes; les anses digestives décrivent de grandes ondulations dorso-ventrales descendant dans les interradius jusqu'au contact de la membrane péri-buccale, et remontant dans les radius, parallèlement au bord des glandes génitales, jusqu'au voisinage du périprocte. Ici les brides mésentériques, tout en restant assez fines et espacées, sont beaucoup plus courtes que dans l'espèce précédente.

Le *P. lividus* montre une disposition analogue à celle du *S. granularis*, mais encore plus accentuée par ce fait que les ondulations dorso-ventrales

sont incurvées en arc de cercle et se moulent en quelque sorte sur les glandes génitales.

Les *Arbacia*, qui, par de nombreux caractères, forment un groupe très à part, ont un tube digestif dont les deux anses sont dans des plans subhorizontaux; malgré le très grand développement des glandes génitales dans cette espèce, les circonvolutions digestives ne remontent pas dans les zones radiaires; elles sont assez étroitement appliquées contre la face inférieure de l'animal; les brides mésentériques, extrêmement courtes et larges, forment en quelque sorte une lame continue fenêtrée.

Par un autre caractère les *Arbacia* se distinguent des trois premières espèces examinées. Le siphon intestinal des *Arbacia*, au lieu de prendre naissance au point où l'œsophage s'ouvre dans la première circonvolution du tube digestif, comme chez les autres Oursins, se détache de l'œsophage au niveau du tiers antérieur de cet organe et vient s'accoler contre le bord interne du tube digestif, après un très court trajet libre. Ce siphon atteint un diamètre considérable. Il est deux à trois fois plus gros chez les *Arbacia* que chez les autres formes, et, chose curieuse, il est doublé par une gouttière siphonale ou repli interne de la muqueuse du tube digestif ; gouttière siphonale que l'on ne retrouve que chez les Cidaridés qui, eux, sont dépourvus de siphon.

Les canaux de l'appareil absorbant sont, comme on le sait, accolés aux bords interne et externe de la première circonvolution du tube digestif. Dans ces deux canaux débouchent les ramifications lacunaires qui s'arborisent dans le mésoderme du tube digestif. Le canal interne se prolonge le long de l'œsophage et vient aboutir à un canal péri-œsophagien, qui se met en relation avec l'appareil ambulacraire par l'intermédiaire des vésicules de Poli.

Cette disposition est constante dans toutes les espèces que nous avons étudiées. Il n'en est pas de même pour le canal collatéral décrit par Edmond Perrier chez *E. esculentus*, canal qui double le canal marginal externe. Nous avons retrouvé le canal collatéral chez *E. acutus*, avec quelques différences de détail dans la disposition des branches qui le relient au marginal externe. De même chez *S. granularis*, il existe un canal collatéral assez gros, qui fait communiquer entre elles les parties basses, c'est-à-dire interradiaires, du canal marginal externe ; par contre, nous n'avons pu trouver trace de ce canal collatéral ni chez les *Paracentrotus*, ni chez les *Arbacia*.

Il était intéressant de rechercher si ces canaux se continuent sur l'anse

récurrente ou si, comme la plupart des auteurs l'ont admis, ils disparaissent au niveau de la réflexion de la deuxième portion du tube digestif.

En pratiquant des coupes à divers niveaux dans l'anse récurrente, nous avons trouvé d'une façon constante un canal marginal interne non individualisé, mais englobé dans l'épaisseur de la lame mésentérique qui longe le bord libre de cette seconde courbure ; la lumière de ce canal va en se rétrécissant à mesure que l'on s'approche du rectum et finit par disparaître.

Le bord externe de la seconde courbure est dépourvu de canal absorbant; du reste ici la lame mésentérique se trouve réduite à des brides isolées.

Ces canaux de l'appareil absorbant, qu'ils se présentent sous l'aspect macroscopique d'un vaisseau net et à contours précis — comme les canaux collatéraux et marginaux internes de l'anse directe, — ou sous l'aspect de cavités creusées dans le mésoderme, — comme cela a lieu pour les canaux absorbants des *Arbacia* et pour les canaux de l'anse récurrente, — sont en réalité des lacunes. Au point de vue histologique, ils sont constitués par un épithelium externe doublé d'une couche conjonctive plus ou moins épaisse. Mince et dense dans le premier cas, cette couche conjonctive est au contraire, dans le second cas, épaisse et lâche et émet des travées fibreuses entre les mailles desquelles circule le liquide de l'appareil absorbant.

Il n'existe ni endothelium, ni limitante interne dans ces organes, qui forment un réseau lacunaire revêtant des aspects très différents, depuis celui du vaisseau nettement individualisé jusqu'à celui de la lacune diffuse, suivant les espèces et les différentes régions considérées.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur l'utilisation de l'énergie libérée par les oxydations.* Note de MM. **Eugène Aubel** et **René Wurmser**, transmise par M. M. Molliard.

Le travail chimique ou mécanique effectué par les êtres vivants est compensé par une diminution d'énergie utilisable correspondant à des oxydations. Le mécanisme qui permet la transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique a donné lieu à de nombreuses hypothèses. Il n'en est pas de même du mécanisme des échanges d'énergie entre deux systèmes chimiques, échanges qui sont des plus importants puisqu'ils assurent en particulier la synthèse de la matière vivante. Le fait que les réactions qui abou-

tissent à cette synthèse sont des réductions a conduit l'un de nous (¹) à l'idée que l'énergie se transmet grâce à des réactions couplées d'oxydation-réduction. Par exemple, quand une synthèse d'amino-acide est effectuée à partir d'un corps ternaire tel que l'acide pyruvique, au prix de la combustion d'une certaine quantité de glucose, on a

$$2CH^3.CO.COOH + 2NH^3 = 2CH^3.CH(NH^2)COOH + O^2$$
$$\frac{1}{6}C^6H^{12}O^6 + O^2 = CO^2 + H^2O$$

Ainsi l'oxygène qui apparaît dans la molécule de CO^2 libérée provient non pas d'une masse de gaz libre, mais d'une molécule capable d'être réduite par le glucose. Ce phénomène est essentiellement différent de la respiration qui emprunte l'oxygène au milieu extérieur. Les synthèses sont le résultat d'une fermentation sans fixation d'oxygène. Si donc nous réservons le terme de respiration au phénomène qui consiste dans une absorption d'oxygène libre, nous pourrons dire avec M. Molliard que l'énergie correspondant à la respiration ne se retrouve pas dans les substances formées au cours des synthèses.

Certaines synthèses n'apparaissent pas comme des réductions et sont cependant rendues possibles par des oxydations. C'est le cas de la reconstitution d'un hydrate de carbone, au cours de la phase aérobie de la contraction musculaire. L'hydrate de carbone se forme à partir de l'acide lactique, en même temps qu'une certaine quantité d'oxygène est absorbée. Pour A.-V. Hill et Meyerhof, cet oxygène sert à la combustion soit d'acide lactique, soit de glucose, et l'énergie de cette combustion permet la transformation de l'acide lactique en hydrate de carbone. Nous pensons qu'en réalité le mécanisme est le suivant : il existe une première phase d'oxydation-réduction

$$\frac{1}{6}C^6H^{12}O^6 + O^2 = CO^2 + H^2O$$
$$2CH^3CHOH.COOH = 2CH^3.CHOH.COH + O^2$$

On a ensuite les réactions spontanées

$$2CH^3.CHOH.COOH - O^2 = 2CH^2OH.CHOH.COH,$$
$$2CH^2OH.CHOH.COH = C^6H^{12}O^6.$$

Au total :

$$2C^3H^6O^3 + \frac{1}{6}C^6H^{12}O^6 + O^2 = C^6H^{12}O^6 + CO^2 + H^2O.$$

La synthèse d'hydrate de carbone à partir d'acide lactique est bien compensée par

(¹) R. WURMSER, *Bull. Soc. Chimie biol.*, t. 5, 1923, p. 487-490.

une oxydation, comme il résulte des travaux de Hill et Meyerhof, mais l'oxygène libre n'intervient pas pendant la phase d'élévation du potentiel chimique.

La respiration proprement dite, aux dépens de l'oxygène libre, peut cependant être indispensable à l'élaboration des synthèses. Dans le cas par exemple d'une moisissure se développant sur un composé ternaire donné, des molécules de ce corps ne réduiront pas d'autres molécules de ce même corps. L'oxydation fournit la sorte de molécules sur lesquelles pourra porter la réduction. On doit donc s'attendre à trouver dans une certaine mesure une relation entre la vitesse du développement et l'oxydabilité du milieu, pour un corps donné. Nous avons cherché à vérifier cette conséquence dans un cas où cela nous a paru possible. Gompel, Mayer et Wurmser [1] ont montré que la vitesse d'oxydation du glucose à froid en présence d'un catalyseur varie faiblement avec la réaction plus ou moins acide du milieu, tandis que la vitesse d'oxydation d'autres corps ternaires, en particulier de l'acide citrique, croît très rapidement avec l'acidité. Or Terroine et Wurmser ont observé que la vitesse de développement de *Sterigmatocystis nigra* sur milieu glucosé ne varie pas sensiblement quand on acidifie le liquide jusqu'au P_H 3. Il restait à établir que sur un milieu à base d'acide citrique la vitesse de développement de cette moisissure croît fortement avec l'acidité.

Nous avons ensemencé un mélange salin de Czapek, contenant 5g pour 1000 de chlorure d'ammonium et 50g pour 1000 d'acide citrique. On ajoutait au liquide plus ou moins de soude de manière à obtenir des milieux à diverses concentrations en ions H. Les mesures de vitesse de développement, obtenues par pesées, ont donné, comme moyennes de trois séries, les résultats suivants, au-dessous desquels nous avons indiqué les vitesses relatives d'oxydation de l'acide citrique :

P_H	8.	7.	6.	5.	4.	3.
Vitesse de développement	1	16	66	131	139	158
Vitesse d'oxydation	1	1,4	10	22	42	80

Ces chiffres montrent une relation nette entre la vitesse du développement et la vitesse d'oxydation du milieu.

Contrairement à ce que l'on observe dans les cultures sur glucose, la totalité du corps ternaire fourni est transformée soit en mycélium, soit en CO^2. C'est ce que montrent les trois bilans obtenus par dosages de l'acide citrique et du CO^2, et combustion à la bombe du mycélium formé.

---

(1) M. Gompel, A. Mayer et R. Wurmser, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1025.

Chaleur de combustion du milieu initial..........		3250 calories	
Chaleur de combustion du mycélium.............	201	315	294
Chaleur de formation du CO^2 dégagé............	290	454	423
Chaleur de combustion de l'acide citrique restant...	2750	2494	2550
	3241	3263	3267

Il est donc possible que dans le cas de l'acide citrique les oxydations couplées aux synthèses aboutissent immédiatement à la formation de CO^2, tandis que dans le cas du glucose, les premiers stades d'oxydation, dégageant plus d'énergie, soient les seuls intéressés aux synthèses. On comprendrait alors le caractère préférentiel du glucose comme aliment.

M. G. **Pfeiffer** adresse, par l'organe de M. P. Appell, une note intitulée : *Une méthode spéciale d'intégration des systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre.*

(Renvoi à la section de géométrie.)

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 18 août 1924.)

Note de M. *E. Mathias*, Sur le bruit de l'éclair :

Page 373, ligne 16, *au lieu de* divisant, *lire* multipliant; ligne 19, *au lieu de* $d = \frac{t}{V}$ et $d = \frac{(t-\tau)}{V}$, *lire* $d = Vt$ et $d = V(t-\tau)$; ligne 20, *au lieu de* $\frac{\tau}{V}$, *lire* $V\tau$.

(Séance du 6 octobre 1924.)

Note de M^me^ *Pauline Ramart*, Action de l'acide bromhydrique sur quelques alcools tertiaires :

Page 634, les deux alinéas commençant par « Or il suffit de traiter... » et « Les expériences ont porté... » doivent être reportés à la page 635 après l'alinéa finissant par « l'atome de chlore ».

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 NOVEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Carlheim Gyllenskold**, membre de l'Académie des Sciences de Suède, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie une brochure intitulée : *Inauguration du buste de* Philippe-A. Guye, remis à l'Université de Genève par l'Association des Élèves et Anciens Élèves de l'École de Chimie de cette ville, le 13 mars 1924. Cette brochure contient, notamment, l'allocution prononcée, à cette cérémonie, par M. **Jean Perrin**, au nom de l'Académie des sciences, celles de MM. **Maurice Lugeon** et **Robert Chodat** et les adresses de MM. **Volterra, Le Chatelier, Haller, Moureu** et **Guillaume**.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la déformation d'une enveloppe sphérique.* Note de M. **L. Lecornu**.

Considérons un ballon sphérique de faible épaisseur e, soumis extérieurement à une pression uniforme p, sans contre-pression intérieure. Dès que p, en croissant lentement, dépasse une valeur critique p_c dépendant à la fois de l'épaisseur et du rayon extérieur R, le ballon commence à se déformer. Je vais étudier ce phénomène, en supposant que la théorie mathématique de l'élasticité soit applicable et que la déformation se produise sans apparition d'angles vifs.

Cette question rappelle celle, bien connue, de l'ovalisation d'un anneau

circulaire pressé extérieurement. Il y a toutefois une différence essentielle : dans le problème de l'anneau, on peut négliger la variation de longueur de la fibre moyenne; au contraire, avec une enveloppe fermée, la déformation n'est possible que si les éléments linéaires de la surface moyenne se modifient. Théoriquement, un ballon dont la surface moyenne serait partout inextensible et incompressible supporterait sans se déformer une pression aussi grande qu'on voudrait.

La marche à suivre est tout indiquée : l'équilibre devient instable quand l'accroissement du potentiel élastique W se trouve, dans une déformation infinitésimale, inférieur au travail correspondant de p. Il faut donc commencer par calculer ce potentiel. Partons de la formule connue

$$(1)\qquad W = \frac{1}{2}\int \omega[\lambda(a_1 + a_2 + a_3)^2 + 2\mu(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2) + \mu(g_1^2 + g_2^2 + g_3^2)]$$

dans laquelle on désigne par ω le volume élémentaire; par a_1, a_2, a_3 les dilatations linéaires de trois éléments orthogonaux, d'ailleurs quelconques; par g_1, g_2, g_3 les glissements; par λ et μ les coefficients de Lamé.

La théorie mathématique de l'élasticité détermine exactement l'état d'équilibre d'une enveloppe sphérique, d'épaisseur arbitraire, soumise à une pression uniforme. Elle montre que si, comme nous le supposerons, on néglige le carré de l'épaisseur, la pression N_3 exercée sur les éléments superficiels d'une sphère située dans la masse de l'enveloppe, à une distance h de la surface extérieure, est $p\left(1 - \frac{h}{e}\right)$. J'admettrai que, dans la déformation envisagée, les sphères concentriques se transforment en surfaces parallèles S, pour lesquelles l'expression de N_3 est conservée. On peut d'ailleurs rapporter chacune de ces surfaces à ses lignes principales de dilatation, ce qui annule le glissement g_3. Les deux autres glissements disparaissent également si les éléments linéaires normaux aux sphères concentriques demeurent, dans la déformation, normaux aux surfaces S. Il est permis de s'en tenir à ce cas, car ces deux glissements, quand ils prennent naissance, augmentent le potentiel sans influencer le travail de p et renforcent par conséquent la stabilité. J'annulerai donc g_1, g_2, g_3. En même temps je me servirai de la formule connue

$$N_3 = \lambda(a_1 + a_2 + a_3) + 2\mu a_3$$

pour faire disparaître a_3. Il vient ainsi

$$(2)\qquad W = \frac{1}{2(\lambda + 2\mu)}\int \omega[2\lambda\mu(a_1 + a_2)^2 + 2\mu(\lambda + 2\mu)(a_1^2 + a_2^2) + N_3^2].$$

Comme les déformations envisagées n'altèrent pas N_3, on peut laisser de côté le dernier terme. Posant alors

$$\nu = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + 2\mu}, \tag{3}$$

on obtient, pour la variation de W,

$$\Delta W = \frac{1}{2}\int \omega[\nu(a_1 + a_2)^2 + \mu(a_1 - a_2)^2]. \tag{4}$$

Étant donnée l'absence de glissements, les dilatations a_1 et a_2 varient linéairement en fonction de h. De là, on conclut aisément qu'en continuant à négliger e^2 le résultat de l'intégration n'est pas modifié si l'on attribue à a_1 et a_2 des valeurs indépendantes de h, par exemple celles qui sont atteintes sur la surface externe. Le volume ω peut, dans ces conditions, être remplacé par $R^2 e\sigma$, σ désignant un élément superficiel de la sphère de rayon un.

Soit maintenant a la valeur commune de a_1 et a_2 à l'instant où l'enveloppe comprimée commence à s'écarter de la forme sphérique. Posons

$$a_1 = a + \alpha_1, \qquad a_2 = a + \alpha_2.$$

En faisant la substitution, on voit apparaître un terme en a^2 qui ne change pas dans cette déformation, en sorte que Δw se réduit à

$$\Delta w = \frac{R^2 e}{2}\int \sigma[4a\nu(\alpha_1 + \alpha_2) + \nu(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \mu(\alpha_1 - \alpha_2)^2], \tag{5}$$

a est une quantité petite par hypothèse, mais finie; α_1 et α_2 sont deux infiniment petits.

Je me bornerai ici au cas où les coordonnées d'un point de la sphère extérieure, mises sous la forme

$$x = R\sin\theta\cos\varphi, \qquad y = R\sin\theta\sin\varphi, \qquad z = R\cos\theta,$$

deviennent après la déformation, en appelant c, d, f trois constantes infiniment petites,

$$x' = R(1 + c)\sin\theta\cos\varphi, \qquad y' = R(1 + d)\sin\theta\sin\varphi, \qquad z' = R(1 + f)\cos\theta.$$

La surface déformée est alors un ellipsoïde à axes inégaux. Le carré ds'^2 du nouvel élément linéaire est lié au ds^2 de la sphère par l'équation

$$ds'^2 = ds^2 + R^2[A\,d\theta^2 + B\,d\varphi^2 + 2C\,d\theta\,d\varphi],$$

dans laquelle

$$A = \gamma \cos^2\theta \cos^2\varphi + \delta \cos^2\theta \sin^2\varphi + \varepsilon \sin^2\theta,$$
$$B = \gamma \sin^2\theta \sin^2\varphi + \delta \sin^2\theta \cos^2\varphi,$$
$$C = (\delta - \gamma) \sin\theta \cos\theta \sin\varphi \cos\varphi,$$
$$\gamma = 2c + c^2, \qquad \delta = 2d + d^2, \qquad \varepsilon = 2f + f^2.$$

La dilatation proportionnelle α qu'éprouve ds est $\frac{ds'}{ds} - 1$. Si donc on pose $\beta = 2\alpha + \alpha^2$, on a

$$ds'^2 - ds^2 = R^2\beta(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2),$$

d'où

$$\beta = \frac{A\, d\theta^2 + B\, d\varphi^2 + 2C\, d\theta\, d\varphi}{d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2}.$$

Il est clair que le maximum et le minimum de α, c'est-à-dire les dilatations principales α_1 et α_2, correspondent au maximum et au minimum de β. En désignant ceux-ci par β_1, β_2, on a, par un calcul facile,

(6) $$\beta_1 + \beta_2 = A + \frac{B}{\sin^2\theta}, \qquad \beta_1\beta_2 = \frac{AB - C^2}{\sin^2\theta}.$$

D'autre part, avec des erreurs du troisième ordre, on peut écrire

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} - \frac{\beta_1^2 + \beta_2^2}{8},$$
$$(\alpha_1 + \alpha_2)^2 = \frac{(\beta_1 + \beta_2)^2}{4}, \qquad (\alpha_1 - \alpha_2)^2 = \frac{(\beta_1 - \beta_2)^2}{4}.$$

L'équation (5) prend ainsi la forme

(7) $$\Delta w = \frac{R^2 e}{2}\int \sigma\left[2a\nu(\beta_1 + \beta_2) - \frac{a\nu}{2}(\beta_1^2 + \beta_2^2) + \frac{\nu}{4}(\beta_1 + \beta_2)^2 + \frac{\mu}{4}(\beta_1 - \beta_2)^2\right].$$

Vu la petitesse de a, je négligerai $-\frac{a\nu}{2}[\beta_1^2 + \beta_2^2]$ en présence de

$$\frac{\nu}{4}(\beta_1 + \beta_2)^2 + \frac{\mu}{4}(\beta_1 - \beta_2)^2.$$

Il reste à remplacer $\beta_1 + \beta_2$, $(\beta_1 + \beta_2)^2$, $(\beta_1 - \beta_2)^2$ par leurs valeurs déduites de (6), σ par $\sin\theta\, d\theta\, d\varphi$, puis à intégrer : par rapport à φ, de zéro à 2π et, par rapport à θ, de zéro à π. On trouve ainsi

(8) $$\Delta w = \pi R^2 e\left[\frac{8}{3}a\nu(\gamma + \delta + \varepsilon) + \frac{4}{15}(\mu + \nu)(\gamma^2 + \delta^2 + \varepsilon^2) + \frac{2}{15}(3\mu - 2\nu)(\gamma\delta + \delta\varepsilon + \varepsilon\gamma)\right],$$

expression symétrique, comme il fallait s'y attendre, en γ, δ, ε.

Calculons maintenant le travail ϖ effectué par la pression p. La variation du volume V est, avec une erreur du troisième ordre,

$$(9) \qquad \Delta V = \frac{4}{3}\pi R^3(c+d+f+cd+df+fc)$$
$$= \frac{2}{3}\pi R^3\left[\gamma+\delta+\varepsilon-\frac{\gamma^2+\delta^2+\varepsilon^2}{4}+\frac{\gamma\delta+\delta\varepsilon+\varepsilon\gamma}{2}\right].$$

Le travail est $-p\,\Delta V$.

L'équilibre exige que dans ΔW et dans ϖ, les termes du premier ordre soient égaux, d'où la relation

$$4a\nu = -p\frac{R}{e},$$

ou bien

$$(10) \qquad a = -\frac{pR}{4e}\,\frac{\lambda+\mu}{\mu(3\lambda+2\mu)},$$

résultat concordant avec celui que fournit, lorsqu'on néglige e^2, la théorie rigoureuse de l'équilibre d'une enveloppe sphérique.

En passant aux termes du second ordre, et posant pour abréger

$$\gamma\delta+\delta\varepsilon+\varepsilon\gamma = t(\gamma^2+\delta^2+\varepsilon^2),$$

on voit que la condition de stabilité est

$$p(1-2t) < \frac{4}{5}\frac{e}{R}[2(\mu+\nu)+(3\mu-2\nu)t].$$

Les valeurs extrêmes de t sont $+1$ et $-\frac{1}{2}$. En remplaçant ν par sa valeur (3), on vérifie que le second membre de cette inégalité est toujours positif. Si donc t est compris entre $+1$ et $+\frac{1}{2}$, l'inégalité n'impose à p aucune condition.

Pour les valeurs de t inférieures à $\frac{1}{2}$, on peut diviser par $1-2t$, et la pression critique s'obtient en cherchant le minimum de

$$\frac{4}{5}\frac{e}{R}\frac{2(\mu+\nu)+(3\mu-2\nu)t}{1-2t}.$$

Ce minimum se produit pour la valeur extrême $-\frac{1}{2}$ de t, d'où

$$(11) \qquad p_c = \frac{1}{5}\frac{e}{R}(\mu+6\nu) = \frac{1}{5}\frac{e}{R}\mu\cdot\frac{19\lambda+14\mu}{\lambda+2\mu}.$$

La contraction correspondante est

$$(-a)=\frac{1}{20}\frac{(\lambda+\mu)(19\lambda+14\mu)}{(\lambda+2\mu)(3\lambda+2\mu)}. \tag{12}$$

Dans le cas d'un métal homogène, on peut faire $\lambda=\mu$, alors

$$p_c=\frac{11}{5}\frac{e}{R}\mu, \qquad (-a)=\frac{22}{100}.$$

Comme μ, pour l'acier, représente à peu près 8000^{kg} par millimètre carré, la pression critique atteint une valeur fantastique. La grandeur de $(-a)$ nous avertit d'ailleurs que, longtemps avant d'arriver à cette pression, on s'écarte des conditions dans lesquelles la théorie mathématique de l'élasticité est valable. La seule conséquence à tirer est donc alors que la déformation envisagée ne peut apparaître avant que la limite d'élasticité soit dépassée. Mais, avec une enveloppe constituée par une matière plastique, μ peut être très inférieur à λ, et tend même vers zéro à mesure qu'on se rapproche de l'état liquide en sorte que le phénomène cesse d'apparaître comme irréalisable. La valeur $t=-\frac{1}{2}$ qui correspond à la pression critique annule la somme $\gamma+\delta+\varepsilon$. Cela montre que la déformation ellipsoïdale ne fait varier le volume que de la quantité du second ordre $\frac{4}{3}\pi R^3(c^2+d^2+f^2)$.

Si l'on admet que l'ellipsoïde est de révolution et si l'on pose en conséquence $\varepsilon=\delta$, il en résulte qu'on a $\frac{\gamma}{\delta}=-2$: la variation du diamètre de la sphère, dirigé suivant l'axe de révolution est, en valeur absolue, double de celle du diamètre perpendiculaire à cet axe.

Il semble impossible de préciser davantage le mode de déformation : car ce mode dépend en réalité d'influences accidentelles. Il en est d'ailleurs de même pour l'orientation des axes de l'ellipsoïde.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la nidification et les métamorphoses de quelques Saturniens hémileucides.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Les Hémileucides sont de beaucoup les représentants les plus nombreux de la famille des Saturnides, ils appartiennent exclusivement à la faune américaine et se groupent essentiellement autour de trois genres, les *Dirphia*, les *Automeris* et les *Hylesia*, le premier de ces genres comprenant

quantités de formes (*Ormiscodes*, *Phricodia*, *Coloradia*, etc.) qui ne peuvent en être naturellement séparées. Malgré leur nombre considérable, ces papillons nocturnes ne sont guère connus que sous la forme adulte; Packard et Dyar ont décrit quelques-unes de leurs chenilles, mais il faut recourir au vieux travail de Stoll (1791) sur les Papillons exotiques pour trouver quelques renseignements sur leurs métamorphoses. La présente Note a pour objet de combler très partiellement cette lacune; j'en dois les matériaux à la patience et au zèle scientifiques de M. Mayeul Grisol qui a pratiqué l'élevage, au Vénézuela, de plusieurs espèces d'Hémileucides dont les deux suivantes et l'*Ormiscodes gregatus* Bouvier que j'ai antérieurement fait connaître. C'est pour moi un agréable devoir de témoigner à M. Grisol ma vive gratitude.

L'une des espèces élevées par M. Grisol est le *Dirphia tarquinia* Cram., grand Hémileucide remarquable par son dimorphisme sexuel qui est très prononcé. Aux renseignements peu explicites que Stoll a donnés sur la métamorphose de cette espèce, je puis ajouter les suivants. La chenille appartient au type hémileucidien le plus normal, avec ses épines flanquées de spinules et disposées en séries longitudinales paires, les deux épines dorsales du 8^{e} et du 9^{e} segment abdominal fusionnées sur la ligne médiane en une épine impaire. Les cocons isolés de cette espèce ressemblent, comme l'a observé Stoll, à ceux de notre grand paon de nuit; mais cette ressemblance est toute superficielle, leur paroi est beaucoup plus mince, papyracée, et sans bourre superficielle ou presque. Ce cocon fusiforme est fixé latéralement, sur toute sa longueur, à une brindille, son bout ouvert correspondant à la partie la plus forte de la brindille, son extrémité close et effilée à la partie la plus faible. A l'intérieur est une chrysalide dont la partie caudale se termine par un fort crémaster subconique dont le bout libre se termine par des crochets; des fils de soie viennent s'enrouler au bout du crémaster et pénètrent entre ses crochets pour fixer la chrysalide aux parois internes du cocon, à quelque distance de l'extrémité close. Le crémaster disparaît totalement et les chrysalides sont complètement libres à l'intérieur du cocon dans l'*Ormiscodes gregatus* qui est une espèce du même groupe; cette différence importante provient sans doute du fait que les cocons de ladite espèce sont logés dans une bourse commune, au sein d'une bourre qui les relie étroitement entre eux et aux parois parcheminées de la bourse.

Des différences de même nature s'observent dans le genre *Hylesia*. J'ai pu étudier les métamorphoses de deux espèces de ce genre, l'une brésilienne dont je dois tous les matériaux à l'obligeance de M. Wagner et que j'ai

fait connaître l'an dernier sous le nom d'*H. Wagneri*, l'autre vénézuélienne que je rapporte à l'*H. tapabex* Dyar. Les cocons de l'*H. Wagneri* sont isolés, minces, en réseau à mailles irrégulières, la chrysalide qu'ils renferment présente dans sa région postérieure quelques soies recourbées jaunâtres, qui deviennent des crochets bruns, plus courts et plus épais dans la partie caudale saillante et rugueuse située au-dessus de l'orifice anal. Cette saillie représente le rudiment d'un crémaster; on la retrouve dans l'*Ormiscodes gregatus*, d'ailleurs dépourvue de soies et de crochets, alors qu'ici elle joue encore un peu son rôle en s'accrochant à quelques filaments de soie internes. Il est probable que d'autres *Hylesia* ont un crémaster plus développé et que l'organe disparaît progressivement dans ce genre. En tout cas, il disparaît complètement dans l'*H. tapabex*, où la chrysalide ressemble tout à fait, sauf la taille qui est plus réduite, à celle de l'*O. gregatus*. Mais ici comme dans cette dernière espèce, la disparition est vraisemblablement due au fait que les chrysalides sont réunies dans une bourse. Dyar rapporte que le Dr Skinner a recueilli une bourse d'*H. tapabex*, mais ne décrit pas cette construction. M. Grisol m'a envoyé deux de ces bourses, qui sont très dissemblables de forme, l'une longuement en fuseau, l'autre beaucoup plus massive, mais toutes deux construites sur le même type, qui est celui de l'*O. gregatus*, avec l'enveloppe parcheminée, et la bourre centrale renfermant les cocons qui sont ovoïdes et ouverts à un bout; ces bourses sont fixées au rameau qui les supporte par un cordon qui continue l'enveloppe, et la soie du cordon se répand très loin sur le rameau; à l'extrémité opposée, le parchemin devient plus mince, la bourre se fait plus rare; c'est par là que sortiront les papillons. La paroi parcheminée est seulement un peu plus solide dans l'*O. gregatus*, plus unie aux points nombreux où viennent s'y accoler des feuilles.

Ainsi la tribu des Hémileucides renferme quelques espèces à chenilles grégaires et à bourses. Or ces bourses ont la même structure toute particulière dans les deux espèces que nous avons étudiées et qui appartiennent à deux types génériques très différents, et les chrysalides contenues dans ces bourses sont absolument dépourvues du crémaster fixateur que l'on observe plus ou moins développé dans les deux espèces à cocons isolés. Le premier de ces caractères ne serait-il point propre à la tribu des Hémileucides? et le second ne serait-il point une conséquence de l'adaptation des chrysalides aux bourses? Il sera curieux d'étudier à ce point de vue les *Automeris* dont certaines espèces ont peut-être aussi des chenilles grégaires; d'ores et déjà, on sait que leurs espèces à cocons isolés sont pourvues d'un

crémaster dont j'ai vu les crochets et les attaches dans les *Automeris tridens* A. Sch., *brasiliensis* Walk., *nyctimenes* Latr. et dont Stoll a donné une figure sommaire dans quelques autres espèces.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur l'étude de l'anaérobiose dans la terre arable.* Note [1] de M. **S. Winogradsky.**

La méthode d'examen microscopique de la terre que nous avons élaboré nous permet d'aborder des questions qui sont restées encore en suspens.

Entre autres, celle de l'anaérobiose dans la terre arable devient facilement accessible à une étude expérimentale.

La terre arable est généralement considérée comme un milieu aérobie. On savait pourtant depuis de longues années que les germes des anaérobies y sont assez répandus, et il était logique de penser qu'ils pourraient devenir actifs dans une terre compacte ou trop humide, soit en général, mal aérée. Mais quant aux modalités de leur entrée en action, on ne disposait d'aucune méthode pour l'observer directement.

Celle que nous avons adoptée est basée tout simplement sur l'examen microscopique d'une terre où l'on provoque la pullulation de deux groupes de microbes différents, l'un strictement aérobie, l'autre aussi strictement anaérobie. Ce sont, d'un côté, les mégalococcus du sol, si connus sous le nom d'*Azotobacter;* d'un autre, le groupe des ferments butyriques du sol, des *Amylobacters*, y compris le *Clostridium Pastorianum*, espèce presque ubiquitaire. Les deux pullulent abondamment dans une terre pauvre en azote additionnée d'un peu de mannite ou glucose. Si elle est aérée, ce sont les Azotobacters qui l'envahissent; si elle ne l'est pas suffisamment, ce sont les Amylobacters qui apparaissent, en indiquant par leur présence que les conditions de l'anaérobiose y sont réalisées. Les deux sont très caractéristiques et reconnaissables au premier aspect sans erreur possible; les Amylobacters surtout, par leur propriété de se colorer en bleu ou violet foncé par l'action de l'iode.

La cause universelle qui abaisse la ventilation de la terre arable, c'est son imbibition par l'eau des pluies. Il était donc naturel d'expérimenter avec une seule et même terre — prise toujours sur la même petite parcelle — en variant son degré d'humidité. Pour éviter de trop modifier sa structure en malaxant avec de l'eau ou en séchant, on choisissait le moment pour la prélever d'après le temps qu'il faisait, et on l'utilisait à l'état nature; après

(1) Séance du 27 octobre 1924.

de très fortes pluies on avait soin de lui laisser le temps de se ressuyer pendant quelques heures.

On commençait par lui incorporer un demi jusqu'à 1 pour 100 de mannite ou de glucose en poudre sèche, puis on l'introduisait dans des tubes de 5^{cm} de diamètre, bouchés à l'un des bouts par des bouchons liège bien paraffinés. On tassait au fur et à mesure du remplissage par des coups répétés, jusqu'à ce que le cylindre de terre ne changeait plus de volume. On bouchait alors l'ouverture supérieure par un fort tampon de coton et l'on gardait les tubes à l'étuve à 28° pendant trois jours. Les tubes étaient de longueurs différentes (10, 15, 20, 25^{cm}), et la hauteur des colonnes de terre variait de 4^{cm} jusqu'à 23^{cm}.

Les avantages de ce dispositif, très simple, sont apparents. Il permet de faire pulluler les deux groupes dans les différentes couches d'une même colonne de terre et de trouver par examen direct le *niveau de l'anaérobiose*, en étudiant la surface libre d'un côté, le fond de l'autre, au-dessus du bouchon qu'on enlève à la fin de l'expérience; on évite ainsi de fouiller la colonne de terre, ce qui rendrait l'examen imprécis ou même fautif.

Nous résumerons brièvement les résultats de quelques expériences que nous avons exécuté d'après cette méthode.

Terre à 15,5 pour 100 d'humidité. Pullulation d'Azotobacters jusqu'à la profondeur de 23^{cm}, où l'on trouve des Amylobacters, mais en quantité très restreinte et assez tardivement.

Terre à 18,0 pour 100 d'humidité. Pullulation d'Azotobacters jusqu'à 18^{cm} quand apparaissent les premiers Amylobacters.

Terre à 20,4 pour 100. Odeur butyrique prononcée du côté des bouts inférieurs des colonnes, même de la plus basse. Le niveau de l'anaérobiose commence à $4\text{-}5^{cm}$ de la surface, qui reste envahie par les Azotobacters.

Terre à 23,0 pour 100 d'humidité. Au bout d'une douzaine d'heures les colonnes de terre sont disjointes et soulevées par les gaz. Odeur butyrique des deux côtés. Les Amylobacters ont pullulé jusqu'à la surface, mais sont plus abondants un peu au-dessous.

La terre argileuse de Brie ayant une capacité élevée pour l'eau, soit 48 pour 100 du poids sec, on voit qu'à 31 pour 100 de cette capacité la terre reste un milieu propice pour les aérobies jusqu'à une profondeur de 23^{cm} de terre tassée ; à 38 pour 100 la différence est encore peu marquée, mais à partir de ce degré le point critique est vite atteint, et déjà à 42 pour 100 l'anaérobiose n'est séparée de la surface que par une couche de quelques centimètres; à 48 pour 100, enfin, de la capacité totale la terre devient franchement un milieu de culture pour anaérobies.

Ces chiffres, bien entendu, n'ont rien d'absolu. Ils varieront selon les

terres employées, les substances énergétiques incorporées, le degré de tassement, etc. Ils sont pourtant, croyons nous, dignes d'intérêt, car ils démontrent que le facteur *anaérobiose* joue un rôle plus important dans la terre arable qu'on ne le pensait généralement. Les germes anaérobies, inactifs dans une terre modérément humide, passent rapidement à l'état actif, aussitôt que le taux d'humidité dépasse une certaine mesure encore bien éloignée de la saturation. Ce point critique dépassé, le flux des anaérobies envahit rapidement les couches supérieures et remonte jusqu'à la surface.

Les péripéties de la lutte pour la matière énergétique entre les deux groupes antagonistes nous apparaissent donc comme régies par les variations météorologiques, et la victoire de l'un ou de l'autre, dans une terre donnée comme déterminée par son degré d'humidité.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des environs de Camarasa (Catalogne).* Note (¹) de MM. **Maurice Lugeon** et **Nicolas Oulianoff.**

Il existe, près du confluent de la Noguera Pallaresa et de la Sègre, un barrage, dit barrage de Camarasa, haut de 90^{m}, déterminant, sur la Noguera, un vaste bassin de retenue d'une longueur de 23^{km}. Ce réservoir gigantesque n'est pas complètement étanche. Appelés à étudier les pertes de la retenue, nous avons dû, pour déterminer les régions absorbantes, examiner avec détail la tectonique de la région sur une assez grande étendue. Les résultats que nous avons obtenus méritent d'attirer l'attention parce qu'ils confirment l'existence, mais ici très loin vers le Sud, des plis pyrénéens déversés au Sud.

Lorsque de Balaguer l'on suit la route jusqu'à Camarasa, on traverse la région tertiaire de la plaine du bassin de l'Èbre constituée par des couches de conglomérats, des grès et des gypses souvent ondulés. Les conglomérats se redressent aux environs de Camarasa et s'appuyent, avec contact visible, sur des masses calcaires qui forment de curieux rochers aux bords de la Sègre, dans la partie nord de la bourgade. Là, les conglomérats plus ou moins grossiers, à cailloux nummulitiques, reposent, inclinés, en concordance, sur une couche peu épaisse de calcaire à Alvéolines, signalée jadis par M. Vidal (²).

Ce Nummulitique bute par faille locale contre du Crétacé en lames verticales. Si, au lieu de suivre la route, on passe par les collines qui la sépare

(¹) Séance du 20 octobre 1924.

(²) Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Barcelone, 1893.

de la Sègre, on peut voir, dans la région en face de Saint-Laurens, ces mêmes conglomérats à cailloux nummulitiques reposant, en discordance angulaire, sur un ensemble anticlinal aux couches redressées, arasé par la transgression. Le pli présente un noyau plus ou moins compliqué de Trias, de Lias avec deux flancs de Crétacé et de calcaire à Alvéolines de l'Éocène inférieur. Les conglomérats forment un amas énorme, ondulé, en synclinal; ce sont les conglomérats de l'Escalera cités par les auteurs. On les voit, comme à Camarasa, se redresser fortement sur la rive droite de la Sègre et s'appuyer en discordance sur les couches de la singulière montagne de San Salvador qui avait attiré l'attention de Vidal. Ce sont des couches très redressées de Crétacé et de Nummulitique qui appartiennent au même pli que la série sur laquelle reposent les conglomérats en face de Saint-Laurens.

Déjà Vidal voyait dans cette curieuse montagne uu paquet détaché et tombé, dont il ne pouvait déterminer la provenance, car, dans les montagnes voisines, il n'avait su trouver les calcaires à Alvéolines dont nous pouvons certifier l'existence dans une vallée voisine de Santalina, non loin du portail nord du grand tunnel en construction qui traversera le chaînon de Montroig. Cette double présence nous à permis, en conformité avec les positions et la stratigraphie des couches, de trouver la vraie origine de San Salvador.

Elle n'est autre chose que le flanc sud, compliqué par des écailles, d'un vaste anticlinal déversé au sud, dont le flanc nord n'est que l'imposante muraille de la Sierra de Montroig.

Le Trias qui longe le pied de la Sierra de Montroig, et celui qui en est la continuation, et qui passe au Nord de Camarasa, n'est autre que le noyau du vaste pli anticlinal poussé au Sud. Les roches crétaciques de Camarasa ne sont autres que la continuation du Campanien tordu et décroché de San Salvador. Par contre, les masses gypseuses situées au sud de la colline de Camarasa ne sont pas triasiques, mais tertiaires. Dans l'Est de Camarasa, le flanc nord de l'anticlinal s'étire et disparaît sous le Tertiaire transgressif et les deux gypses triasique et tertiaire arrivent au voisinage l'un de l'autre. Ce sont ces phénomènes compliqués et la similitude des deux formations gypseuses qui ont laissé croire à MM. Jacob et Fallot (¹) que la montagne de San Salvador était une fenêtre de calcaire à Alvéolines et de poudingue « complètement ceinturés » par le Trias. Il n'y a pas de fenêtre et tous les poudingues partout passent en tout cas *sur* la nappe si elle existe, et non

(¹) Ch. Jacob et Paul Fallot, *La nappe de charriage de Montsech, en Catalogne* (*Comptes rendus*, t. 150, 1914, p. 1222).

dessous. La Sègre, par des gorges grandioses, coupe la Sierra de Montroig et la sépare de la montagne de San Jordi.

Les deux chaînes ne forment donc que le flanc nord d'un anticlinal déversé au sud. Lorsqu'on remonte les gorges grandioses de la Sègre jusqu'au village d'Alos, on coupe un synclinal très creusé, à noyau crétacé, succédant à ce premier pli, puis un anticlinal à faible noyau triasique et à Lias fossilifère, auquel succède un synclinal assez large précédant l'anticlinal à gros noyau triasique du village d'Alos. Ici aussi les conglomérats à cailloux à Alvéolines reposent en discordance splendide sur ces derniers plis. Le poudingue signalé par MM. Jacob et Fallot à Alos n'est pas en fenêtre, mais simplement accolé contre les pentes des anciens versants topographiques des plis du Secondaire. Partout, ces masses énormes de poudingues se montrent comme les remplissages d'antiques vallées creusées dans les plis pyrénéens d'âge nummulitique et repris par un plissement tardif d'âge alpin.

Lorsqu'on suit les plis, que nous venons d'esquisser, vers le front méridional des montagnes, on voit qu'ils arrivent en oblique vers ce front. Cette disposition, comme les chevrons d'une corde, est caractéristique de tous les fronts de chaîne poussée vers un avant-pays. Elle s'oppose à toute conception qui chercherait à faire venir les montagnes du Sud; elle s'oppose à l'idée d'une grande nappe telle que l'ont envisagée MM. Jacob et Fallot, sous le nom de nappe de Montsech, à laquelle ils attribuaient un déplacement de 50^{km}. Nous ne pouvons voir que des plis autochtones plus ou moins déversés et couchés au Sud.

Nous avons poussé nos recherches plus au Nord, au pied de la haute Sierra de Montsech. Au Nord des plis de San Salvador-Montroig existe un synclinal droit, dans le bassin de retenue, mais dont la prolongation vers le Sud-Ouest est nettement déversée au Sud. Ce pli est suivi par un anticlinal triasique qui passe par le village de Santanilla et arrive dans la retenue de Camarasa avec un léger plongement axial vers le Nord-Est. Dans le bras du lac, dit barrancos de Santanilla, nous avons découvert un lambeau de conglomérat à cailloux nummulitique avec gypse intercalé touchant le Trias de l'anticlinal, disposition trompeuse qui laisserait croire facilement à une fenêtre, si l'on ne pouvait constater le repos direct de ce Tertiaire lagunaire et détritique sur le Trias à ophite. Au Nord s'étend un vaste synclinal de Garumnien lacustre contenant, à l'amont de la retenue, un synclinal nummulitique des plus nets dont la charnière admirable se trouve au pont de la route de Tremp, jeté sur le haut du remou du lac. Là, le pli se montre déversé au Sud; il est accompagné de plis accessoires qui longent à une certaine distance au sud de la Sierra de Montsech. Enfin, nouveau

témoignage de déversement vers le Sud, la haute Sierra elle-même n'est que le flanc nord d'un pli anticlinal très accusé, déjà signalé par M. M. Dalloni (¹) avec flanc renversé de dolomie jurassique, écrasé jusqu'au pli-faille, avec noyau de Lias et par places de Trias. C'est la grande faille du pied sud du Montsech dont parle M. Vidal.

Ainsi donc, dans toute la région que nous avons étudiée, sur une zone méridienne d'environ 30^{km} de long, partout ne s'accuse que la poussée vers le Sud. Le front de cette « houle » est le front méridional lui-même des montagnes constituant ces contreforts les plus méridionaux des masses pyrénéennes. Ces constatations sont contraires à l'hypothèse d'une grande nappe venue du Sud et si, dans le Nord de la « nappe de Montsech » de MM. Jacob et Fallot existe un déplacement vers le Nord, ce que nous n'avons pu examiner, il est nécessairement de faible amplitude, que nie du reste totalement M. M. Dalloni.

La règle générale, établie par de nombreux auteurs, du déversement vers le Sud de la couverture sédimentaire des Pyrénées, ne souffre donc aucune exception dans la région que nous avons étudiée. Dans leur ensemble, ces territoires du versant sud de la chaîne rappellent la couverture dinarique de l'édifice alpin et si l'on cherche à pousser la comparaison plus loin, on serait porté à considérer tout l'édifice pyrénéen comme une construction d'allure dinarique auquel aurait manqué au Nord la masse à écraser qui forme les Alpes occidentales.

NOMINATIONS.

M. **Bazy** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie par laquelle la Faculté de médecine de Lyon célébrera, le 30 novembre 1924, le centenaire de la naissance de *Joseph Rollet*, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

PLIS CACHETÉS (²).

M. **E. Lecomte** demande l'ouverture de deux plis cachetés reçus, l'un dans la séance du 3 juillet 1922, n° 9108, l'autre dans la séance du 6 octobre 1924, n° 9413.

(¹) M. Dalloni, *Sur la tectonique des Pyrénées catalanes et la prétendue « nappe de Montsech »* (*Comptes rendus*, t. 150, 1914, p. 1724).

(²) Séance du 27 octobre 1924.

Ces plis ouverts en séance par M. le Président, renferment, le premier, une note intitulée : *Équilibre et gravitation des molécules*, le second, une gravure se rapportant à cette note.

(Renvoi à l'examen de la section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

Sir **Arthur Schuster** fait savoir à l'Académie que la prochaine assemblée du *Conseil international des recherches scientifiques* aura lieu à Bruxelles le 7 juillet 1925 et jours suivants.

M^lle^ **Suzanne Veil**, et MM. **E.-G. Barrillon**, **Jules Barthoux**, **Émile Delcambre**, **Laurent Friquegnon**, **Camille Matignon**, **Dominique Saint-Blancat**, **Ernest Vessiot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Manuel des travaux de force à exécuter à bord des navires et dans les chantiers à l'usage des marins, ingénieurs et entrepreneurs*, par Stanislas Millot. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° *Les arbres, arbustes et arbrisseaux d'ornement*, par A. Camus. (Présenté par M. H. Lecomte.)

3° Ch. Frémont. *Usure et défauts des rails*. (Présenté par M. Lecornu.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de fractions rationnelles.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. P. Appell.

La série A_n étant absolument convergente, considérons une expression de la forme

$$\frac{A_1}{z-\alpha_1}+\ldots+\frac{A_n}{z-\alpha_n}+\ldots, \tag{1}$$

z et les A_n, α_n (indépendants de z) sont réels ou complexes. Nous appellerons les points α_n « pôles apparents » du développement.

---

[1] Séance du 27 octobre 1924.

Soit E l'ensemble formé des α_n et de leurs points limites, S le complémentaire de E. Si x est un point de S, la série (1) est absolument convergente au point x. Soit $f(x)$ sa somme. Nous supposons que S existe.

$f(x)$, définie uniquement sur S, est holomorphe en chaque point de S. S est formé de régions distinctes R_i. Il y a au moins une région R_i. Il peut y en avoir une infinité. Si $f(x) = f_i(x)$ dans R_i, M. Wolff a montré(1) le premier qu'une fonction $f_i(x)$ peut exister analytiquement hors de R_i. Dans les exemples de M. Wolff, la frontière F_i de cette région R_i ne contient aucun point α_n, et tout point de F_i est point limite des α_n. Cette même remarque s'applique aux théorèmes I et II. Ces derniers montrent que les fonctions $f_i(x)$ peuvent analytiquement être deux à deux distinctes, même si elles sont toutes prolongeables au sens de Weierstrass dans un champ commun.

$f(x)$ étant définie dans un domaine ouvert Δ (le complémentaire d'un ensemble fermé quelconque) dont la frontière est en totalité à distance finie, convenons de dire que $f(x)$ est régulière dans Δ si elle est : 1° holomorphe en tout point de Δ ; 2° nulle au point à l'infini quand ce dernier fait partie de Δ.

Soit en ce cas D un ensemble fermé pouvant contenir le point à l'infini, mais dont la frontière est toute à distance finie. D peut comprendre des points intérieurs formant des régions. En ce cas, D contient la frontière de ces régions. D peut se décomposer en parties fermées distinctes, dont certaines sont totalement discontinues, de points isolés, etc. Le complémentaire D′ de D est ouvert, éventuellement formé de régions distinctes. Soit G la frontière commune à D et à D′.

Théorème I. — *$f(x)$ étant une fonction indifféremment donnée, régulière sur un ensemble ouvert Δ contenant l'ensemble fermé* D, *il existe une série Σ de la forme* (1) *vérifiant les conditions suivantes :*

1° Σ *converge sur* D (G inclus) *uniformément et y possède pour somme* $f(x)$.

2° *Toutes les séries dérivées de Σ convergent uniformément sur* D (G inclus) *vers les dérivées de même rang de* $f(x)$.

3° *Les α_n, tous situés dans le complémentaire* D′ *de* D, *ont leur ensemble limite* E *coïncidant avec* G.

4° *Si u_m est une série convergente de l'un des types*

$$\frac{k}{m\log^{1+\alpha} m}, \quad \ldots, \quad \frac{k}{m\log m \ldots \log_p m \log_{p+1}^{1+\alpha} m}$$

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1327.

(α positif, indépendant de m ainsi que k) *on peut choisir les* α_m *indépendants de* $f(x)$ *de façon que* $|A_m|$ *soit inférieur à* $\lambda e^{-\sqrt{m\alpha_m}}$ (λ dépendant non de m, mais de f seul).

L'énoncé vaut même pour $f(x) = 0$ *sur* Δ, *les coefficients* A_m *de* Σ *étant non tous nuls.*

J'ai énoncé ([1]) un théorème qui est un cas particulier du précédent. La rapidité de décroissance des A_m, valable aussi pour le théorème suivant, ne peut pas être sensiblement accrue, comme l'a démontré M. Carleman.

Théorème II. — E_0 *étant un ensemble fermé quelconque* NON DENSE, S_0 *son complémentaire* (formé de régions R'_1, R'_2, ..., R'_n, ... deux à deux distinctes), $w(x)$ *une fonction donnée indifféremment, mais régulière dans* S_0, *il existe un développement* (1) *dont les pôles* α_n *ont pour dérivé un ensemble* NON DENSE E *contenant* E_0 (tout point de E_0 est donc limite des α_n) *et tel que dans l'ensemble* S *complémentaire de* E (S est inclus dans S_0, et toute région R'_i contient au moins une région de S), *la somme de la série soit* $w(x)$.

On peut même avoir $w(x) = 0$ *avec des* A_m *non tous nuls.*

L'indétermination de $f(x)$, de l'ensemble E et des coefficients A_n est limitée par les théorèmes suivants :

Théorème III. — *La fonction* $f(x)$ *définie uniquement hors de* E *comme étant la somme de la série* (1) *est sommable dans tout domaine fini.*

Car le même énoncé vaut pour la fonction $\Phi_1(z)$, définie comme étant la somme de la série $\frac{|A_n|}{|z-\alpha_n|}$ en tout point, étranger ou inclus à E_0 où cette série converge. L'ensemble des points où $\Phi_1(z)$ n'est pas défini est de mesure nulle. On attribue à Φ_1 en ces points une valeur finie quelconque.

Théorème IV. — α *étant l'un des pôles apparents* (à résidu non nul) *de la série* (1), *s'il existe dans le champ de la variable positive* $\rho = |x-\alpha|$ *un ensemble* J *épais à l'origine* (ayant une mesure positive dans tout intervalle $0 < \rho < \varepsilon$) *et tel que le produit* $f(x)(x-\alpha)$ *tend vers* 0 *quand* ρ *tend vers* 0 *sans quitter* J, *l'aire de l'ensemble* E *est positive.*

Evidemment, E est *épais* au point α.

Théorème V. — *Si l'ensemble* E (formé des α_n et de leurs points limites) *est non dense sur une famille de droites parallèles à une même direction, et s'il existe une fonction* $u(z)$ *définie et continue dans tout le plan, coïncidant avec* $f(x)$ *hors de* E, *la série* $|A_n| \, L \, |A_n|$ *est divergente.*

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 95.

Naturellement, la famille de droites peut être remplacée par une famille quelconque de courbes analytiques dépendant analytiquement d'un paramètre et couvrant une région contenant E.

Les deux derniers théorèmes s'appliquent en particulier pour $f(x) = 0$.

Le théorème II montre que, aux abords de chacun des α_n, il peut exister des régions étrangères à E et où la série a pour somme des fonctions dont chacune, prolongée analytiqnement, est holomorphe au point α_n. Ce même théorème montre l'intérêt d'établir que *tout pôle apparent* α *de* (1) *situé sur la frontière d'une région* R limitée par E est, moyennant certaines précisions, *un point singulier pour la fonction* $f(x)$ égale à la somme de la série (1) dans R.

Quand il existe un secteur circulaire de centre α, totalement intérieur à R, il est aisé de voir, comme M. Goursat l'a établi le premier, que α est un point singulier de la fonction $f(x)$ définie par (1) dans R. Mais cette hypothèse est bien particulière. On sait que, même si F est une courbe simple fermée de Jordan, dans le cas le plus général F possède une aire propre, et un point quelconque α de F est tel qu'un chemin étranger à F, joignant un point fixe b_0 à un point distant de α de moins de r, a une longueur minimum infiniment grande avec $\frac{1}{r}$ et tourne un nombre non borné de fois autour de α.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de la méthode de Cesàro.* Note de M. **A. Zygmund**, présentée par M. Émile Borel.

Posons

$$\varphi(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k; x) = \frac{(1-x)^{\alpha_0+1}}{\left(\log \frac{e_1}{1-x}\right)^{\alpha_1} \left(\log_2 \frac{e_2}{1-x}\right)^{\alpha_2} \cdots \left(\log_k \frac{e_k}{1-x}\right)^{\alpha_k}}$$

$$(\alpha_i \text{ réelles}; \; i = 0, 1, \ldots, k),$$

où

$$\log_1 x = \log x, \qquad \log_k x = \log(\log_{k-1} x), \qquad e_1 = e, \qquad e_j = e^{e_{j-1}} \qquad (j = 2, 3, \ldots).$$

Supposons donnée une série $\sum\limits_{n=0} a_n$. Définissons les nombres $S_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)}$ et $A_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)}$ par les égalités

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = \varphi(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k; x) \sum_{n=0}^{\infty} S_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)} x^n,$$

$$\frac{1}{\varphi(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k; x)} = \sum_{n=0}^{\infty} A_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)} x^n.$$

Nous dirons que la série $\sum_0^\infty a_n$ est sommable par la moyenne arithmétique d'ordre $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ vers la somme s si

$$\lim_{n\to\infty} \frac{S_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)}}{A_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)}} = s.$$

Évidemment cette méthode contient la méthode de Cesàro comme un cas particulier, la méthode $(\alpha, 0, 0, \ldots, 0)$ étant identique avec (C, α).

Pour $\alpha_0 \neq -1, -2, -3, \ldots$ on a

$$A_n^{(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)} \sim \frac{n^{\alpha_0}}{\Gamma(\alpha_0+1)} (\log n)^{\alpha_1} \ldots (\log_k n)^{\alpha_k}.$$

On peut démontrer les deux propriétés suivantes de la méthode que nous venons de définir :

1° Si la série $\sum_0^\infty a_n$ est sommable $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ $(\alpha_0 > -1)$, on a

$$a_n = o\,(n^{\alpha_0} \log^{\alpha_1} n \ldots \log_k^{\alpha_k} n).$$

2° Pour que la méthode $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ soit plus puissante que la méthode $(\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_k)$ $(\alpha_0, \beta_0 > -1)$, il faut et il suffit que, dans la suite $\alpha_0 - \beta_0$, $\alpha_1 - \beta_1, \ldots, \alpha_k - \beta_k$, le premier des nombres différents de zéro soit positif.

Pour la méthode définie tout à l'heure subsistent plusieurs théorèmes démontrés antérieurement pour la méthode de Cesàro. Citons quelques-uns de ces théorèmes concernant la sommabilité du produit des deux séries.

α. Le produit des deux séries sommables respectivement $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ et $(\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_k)$ $(\alpha_0, \beta_0 < -1)$ vers les sommes s et s_1, est sommable

$$(\alpha_0+\beta_0+1, \alpha_1+\beta_1 \ldots \alpha_k+\beta_k)$$

vers la somme ss_1.

β. Le produit de la série absolument convergente et de la série sommable par la méthode $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ *plus puissante que la convergence ordinaire* (c'est-à-dire le premier des nombres $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k$ différent de zéro doit être positif) est sommable $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ vers la somme égale au produit des sommes de multiplicateurs.

Également subsistent, *mutatis mutandis*, les théorèmes sur la multiplication formelle des séries trigonométriques et sur la localisation, que j'ai énoncés auparavant [1]. Comme une des nombreuses applications de ces

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 576.

théorèmes sur la localisation, citons la proposition suivante, qui présente la généralisation d'un théorème connu de M. Riesz :

Soit $f(x)=\sum_{0}^{\infty} a_n x^n$ *une série de puissances à coefficients vérifiant la condition* $\alpha_n = o(n^{\alpha_0}\log^{\alpha_1} n \ldots, \log_k^{\alpha_k} n)(a_0 > -1)$ *et supposons que tous les points d'un arc fermé* (a, b) *situé sur le cercle de convergence soient réguliers. Alors, la série considérée est uniformément sommable* $(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_k)$ *sur cet arc vers la valeur de la fonction* $f(x)$. La condition de régularité peut être remplacée par les conditions beaucoup moins restrictives ([1]).

En ce qui concerne la sommabilité des séries de Fourier dans les points de continuité de la fonction, il est à remarquer que le théorème, dit le théorème de MM. Riesz et Chapman, ne peut pas être généralisé. On peut notamment donner des exemples des fonctions continues, dont les séries de Fourier, dans certains points, ne sont pas sommables (o, α) quel que soit α.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'évaluation de* $\log n!$

Note de M. **R. de Montessus de Ballore**, présentée par M. Bourgeois.

L'étude de statistiques, et en particulier de statistiques météorologiques, m'a conduit à faire calculer $\log n!$ pour des valeurs élevées de n.

J'en extrais le Tableau suivant :

Tableau I.

$$\begin{aligned}
\log 200! &= 374,8968886400 40\\
\log 300! &= 614,4858030443773\\
\log 400! &= 868,8064141777 25\\
\log 500! &= 1134,0864085351 34\\
\log 600! &= 1408,1022869662 78\\
\log 700! &= 1689,3841813336 10\\
\log 800! &= 1976,8870842376 34\\
\log 850! &= 2122,7196192143 09\\
\log 900! &= 2269,8294761838 15\\
\log 950! &= 2418,14565704914\bar{5}\\
\log 1000! &= 2567,60464422213\underline{3}
\end{aligned}$$

([1]) Cf. M. Riesz, *Comptes rendus*, t. **149**, 1909, p. 18 et 909, et A. Zygmund, *Ibid.*, t. **178**, 1924, p. 181.

Si l'on calcule les valeurs *approchées* des mêmes logarithmes par la formule

$$n! = \sqrt{2\pi n}\, n^n\, e^{-n+\frac{\theta}{12n}}$$

on trouve :

TABLEAU II.

Valeurs approchées de.

$$\log 200! = 374{,}8968886640191$$
$$\log 300! = 614{,}4858030438 17$$
$$\log 400! = 868{,}806414177 74\underline{4}$$
$$\log 500! = 1134{,}0864085 35144$$
$$\log 600! = 1408{,}1022869 66284$$
$$\log 700! = 1689{,}3841813 33614$$
$$\log 800! = 1976{,}8870842 37637$$
$$\log 850! = 2122{,}7196192 14313$$
$$\log 900! = 2269{,}8294761 83816$$
$$\log 950! = 2418{,}1456570 4914\underline{7}$$
$$\log 1000! = 2567{,}6046442 22134$$

La comparaison entre les deux Tableaux présentent un intérêt évident.

N. B. — Les chiffres soulignés indiquent que l'approximation est prise par excès.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions à une variable complexe.* Note de M. **Alexandre Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit S un domaine simple limité par une courbe rectifiable C (donc presque partout il existe une tangente bien déterminée).

2. Soit

(1) $$f_1(x),\ f_2(x),\ f_3(x),\ \ldots$$

une suite de fonctions monogènes sur S. A chaque fonction $f_n(x)$ s'applique la formule de Cauchy, c'est-à-dire

(2) $$f_n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f_n(x)\,dx}{x-z}$$

[$f_n(x)$ désignant la valeur de $f_n(z)$ quand z tend vers le contour C par un chemin non tangent].

En particulier cela aura lieu si $f_n(x)$ est borné.

3. Quel que soit le nombre $\varepsilon > 0$ il est possible de trouver un nombre $\mathcal{N}$

tel que

$$(3)\qquad \left|\int_E [f_{n+p}(x) - f_n(x)]\,dx\right| < \varepsilon \ldots$$

pour tout $n > \mathfrak{N}$ et pour tout p, E désignant toute partie mesurable de C.

THÉORÈME. — *Les conditions* (1), (2), (3) *étant remplies, la suite* (1) *converge uniformément vers une fonction monogène de la forme* $\int \frac{\Phi(x)\,dx}{x-z}$.

Démonstration. — Remarquons que de l'inégalité (3) découle l'inégalité suivante :

$$(3')\qquad \int_E |f_{n+p}(x) - f_n(x)|\,ds < 4\varepsilon \qquad (s = \text{arc}\,C);$$

nous ne nous arrêtons pas sur la démonstration de cette remarque.

Des formules (2), (3) et (3′) nous avons

$$|f_{n+p}(z) - f_n(z)| = \left|\frac{1}{2\pi i}\int_c \frac{f_{n+p}(x) - f_n(x)}{x-z}\,dx\right| \leq \frac{1}{2\pi}\int \frac{|f_{n+p} - f_n|}{|x-z|}\,d$$
$$< \frac{1}{2\pi c}\int_c |f_{n+p} - f_n|\,ds < \frac{4\varepsilon}{2\pi c} \quad \text{pour} \quad |x-z| > c.$$

Posons $c = \frac{2\pi\sqrt{\varepsilon}}{\pi^2}$ nous avons alors

$$(4)\qquad |f_{n+p}(z) - f_n(z)| < \sqrt{\varepsilon}$$

pour tout $n > N$ et $|z - x| > \frac{2\sqrt{\varepsilon}}{\pi}$.

Comme ε est aussi petit que nous voulons, nous avons la convergence uniforme de la série (1) sur S.

A. Remarquons que la suite (1) converge « en mesure » sur C. Cela découle de l'inégalité (3′).

Soit $\eta > 0$ un nombre quelconque.

Soit $E_{n,1}$ la partie de E où

$$|f_{n+p}(x) - f_n(x)| > \eta.$$

Nous avons

$$4\varepsilon > \int_E |f_{n+p} - f_n|\,ds = \int_{E_{n,1}} + \int_{E-E_{n,1}} > \int_{E_{n,1}} > \eta\,\text{mes.}\,E_{n,1} \qquad (\text{pour } n > N),$$

donc

$$\eta\,\text{mes.}\,E_{n,1} < 4\varepsilon, \qquad \text{ou} \qquad \text{mes.}\,E_{n,1} < \frac{4\varepsilon}{\eta};$$

posons $\eta = 4\sqrt{\varepsilon}$, alors $\text{mes.}\,E_{n,1} < \sqrt{\varepsilon}$, c'est-à-dire que la suite (1) con-

verge sur C « en mesure ». Soit $\varphi(x)$ la fonction limite de la suite $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$.

B. Démontrons que $\varphi(x)$ est intégrable (L) sur C. Cela découle des conditions de la théorie de passage à la limite sous le signe $\int$. L'inégalité (3') est une telle condition. C'est une condition suffisante pour passer à cette limite pour $n=\infty$. Donc

$$\lim_{n=\infty}\int_E |f_n|\,ds = \int_E |\varphi|\,ds.$$

Donc $\int_E |\varphi|\,ds$ existe.

Examinons la fonction monogène

$$\psi(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_c \frac{\varphi(x)\,dx}{x-z}, \quad \ldots \tag{4}$$

Nous avons

$$|\psi(z)-f_n(z)| \leqq \frac{1}{2\pi c}\int_c |\varphi - f_n|\,ds < \frac{\varepsilon}{2\pi c} = \sqrt{\varepsilon}$$

si $c=\frac{\sqrt{\varepsilon}}{2\pi}$; $|x-z|>c$ pour $n>N$.

Donc

$$|\psi(z)-f_n(z)| < \sqrt{\varepsilon} \quad \text{pour} \quad n>N,$$

c'est-à-dire

$$\lim_{n=\infty} f_n(z) = \psi(z).$$

Notre théorème est démontré complètement.

Ce théorème est une généralisation du théorème de Weierstrass, généralisé ensuite par Montel [1]. Celui-ci suppose que les fonctions de la suite (1) sont bornées en leur ensemble. C'est un cas particulier de notre théorème.

Les conditions de notre théorème qui sont suffisantes ne sont pas nécessaires pour la convergence uniforme.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété géométrique des surfaces courbes*. Note de M. E. **Merlin**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons une surface courbe (M), rapportée aux paramètres u, v de ses asymptotiques, supposées non isotropes. Soient x, y, z les coor-

(1) Montel, *Leçons sur les séries de polynomes*.

données rectangulaires d'un de ses points M et r la distance de ce point à l'origine O. Les coefficients de l'équation de Laplace attachée au réseau (u, v) étant a', b', c' et ceux du carré de l'élément linéaire E, F, G, on a

$$(1) \qquad \frac{a'}{2}\frac{\partial r^2}{\partial u} + \frac{b'}{2}\frac{\partial r^2}{\partial v} + c' r^2 + \mathrm{F} = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 r^2}{\partial u\, \partial v}.$$

Si l'on représente par p, la distance de l'origine au plan tangent en M; par $-\rho^2$, le produit des rayons de courbure principaux en ce point; par s_u, s_v, les arcs des asymptotiques qui se croisent en M, et par ω, l'angle qu'elles y forment, la relation (1) s'écrit ([1])

$$(2) \qquad \frac{1}{2}\frac{\partial \log p\sqrt{\rho}}{\partial s_v}\frac{\partial r^2}{\partial s_u} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log p\sqrt{\rho}}{\partial s_u}\frac{\partial r^2}{\partial s_v} - \frac{r^2 \sin\omega}{p\rho} + \cos\omega = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 r^2}{\partial s_u\, \partial s_v}.$$

ω étant défini comme le fait M. Bianchi, ainsi que le sens de la demi-normale positive, nous convenons de donner à p le signe contraire à celui de $\cos \nu \mathrm{OM}$, $\mathrm{O}\nu$ ayant la direction et le sens de la demi-normale positive. Quant au signe de ρ, il est le même que celui du déterminant

$$\left| \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v}, \quad \frac{\partial x}{\partial u}, \quad \frac{\partial x}{\partial v} \right|.$$

Sur la normale en M, portons des segments $\mathrm{MN}_1 = p\sqrt{\rho}$, $\mathrm{MN}_2 = r$. Déplaçons-nous sur la ligne $(\mathrm{M})_u$, le long de laquelle u varie seul; les plans normaux aux lieux décrits par N_1 et N_2 couperont la tangente à $(\mathrm{M})_u$ en des points N'_1 et N'_2. Déplaçons-nous ensuite sur la ligne $(\mathrm{M})_v$, le long de laquelle v varie seul, les plans normaux aux lieux décrits par N_1 et N_2 couperont la tangente à $(\mathrm{M})_v$ en N''_1 et N''_2. Cela étant, considérons, sur (M), un quadrilatère curviligne ABCD, dont les côtés opposés sont des asymptotiques d'une même famille, nous aurons, en vertu de (2), la relation entièrement géométrique suivante :

$$(3) \qquad \iint \left(\frac{\mathrm{MN}''_1 . \mathrm{MN}'_2 + \mathrm{MN}'_1 . \mathrm{MN}''_2}{p^2 \rho \sin\omega} - \frac{\overline{\mathrm{OM}}^2}{p\rho} + \cot\omega \right) d\sigma = \frac{1}{2}\left(\overline{\mathrm{OA}}^2 + \overline{\mathrm{OC}}^2 - \overline{\mathrm{OB}}^2 - \overline{\mathrm{OD}}^2\right),$$

l'intégrale double étant étendue à toute l'aire comprise dans le contour ABCD et $d\sigma$ désignant l'élément de cette aire. Les segments MN'_1, MN'_2;

[1] Les expressions de a' et b', utilisées ici, ont déjà été indiquées par M. A. Demoulin, le 24 août 1908, dans une Note aux *Comptes rendus : Sur la théorie des asymptotiques*.

MN''_1, MN''_2 sont mesurés sur les demi-tangentes asymptotiques positives, dirigées dans le sens des paramètres croissants.

Si (M) est une surface de M. Tzitzéica par rapport à O, la propriété (3) devient

$$(4)\qquad \iint\left(\cot\omega - \frac{\overline{OM}^2}{p\rho}\right)d\sigma = (\overline{OA}^2 + \overline{OC}^2 - \overline{OB}^2 - \overline{OD}^2).$$

La relation (4) ne caractérise pas les réseaux asymptotiques de l'espèce. Elle a encore lieu, notamment, pour les réseaux dont l'une des familles est composée d'asymptotiques et dont les tangentes aux courbes d'une des familles, aux points où elles rencontrent une courbe de l'autre famille, engendrent une surface réglée admettant un cône asymptote de sommet O.

Conservant à u et à v leur signification initiale, la propriété (4) caractérise les surfaces qui sont, ou de M. Tzitzéica par rapport à O, ou telles que les courbes situées sur des sphères de centre O et celles le long desquelles la courbure totale est proportionnelle à la quatrième puissance de la distance de l'origine au plan tangent, forment un réseau conjugué.

Appliquant la relation (3) à un cas particulièrement simple, on trouve le théorème suivant : « Considérons un paraboloïde hyperbolique équilatère de sommet O. Sur l'une des génératrices rectilignes passant par O, prenons deux points P et Q et sur l'autre deux points R et S. Soient A et B les points d'intersection de la génératrice rectiligne qui s'appuie sur OR en R avec celles qui s'appuient sur OPQ en P et en Q; D et C les points d'intersection de la génératrice rectiligne qui s'appuie sur OS en S, avec celles qui s'appuient sur OPQ en P et en Q. » M étant un point quelconque du paraboloïde, on a

$$(5)\qquad \iint_{ABCD}\left(\frac{\overline{OM}^2}{p\rho} - \cot\omega\right)d\sigma = \frac{\overline{OQ}^2 - \overline{OP}^2}{2}\log\frac{OS}{OR} + \frac{\overline{OS}^2 - \overline{OR}^2}{2}\log\frac{OQ}{OP}.$$

Retournons à la surface générale (M). Sur la normale portons un segment $MN_3 = \sqrt{\rho}$ et désignons par N'_3 et N''_3 les intersections des plans normaux aux lieux décrits par N_3, quand u ou v varie seul, avec les tangentes à $(M)_u$ et $(M)_v$, respectivement.

La relation (3) s'écrira

$$(6)\qquad \iint\left(\frac{MN''_3 . MN'_2 + MN'_3 . MN''_2}{\rho\sin\omega} + \cot\omega + \frac{\overline{N'_2N''_2}^2 - \overline{OM}^2\sin^2\omega}{p\rho\sin^2\omega}\right)d\sigma$$
$$= \frac{1}{2}(\overline{OA}^2 + \overline{OC}^2 - \overline{OB}^2 - \overline{OD}^2).$$

D'où la propriété caractéristique suivante des surfaces de M. Tzitzéica par rapport à O :

$$(7)\quad \iint\left(\frac{\mathrm{MN}''_3\,.\,\mathrm{MN}'_2+\mathrm{MN}'_3\,.\,\mathrm{MN}''_2}{\rho\sin\omega}+\cot\omega\right)d\sigma-\frac{1}{2}\left(\overline{\mathrm{OA}}^2+\overline{\mathrm{OC}}^2-\overline{\mathrm{OB}}^2-\overline{\mathrm{OD}}^2\right)$$
$$=\text{const.}\iint\frac{\overline{\mathrm{OM}}^2\sin^2\omega-\overline{\mathrm{N}'_2\mathrm{N}''_2}^2}{\sqrt{\rho}\sin^2\omega}\,d\sigma.$$

La condition nécessaire et suffisante pour que, dans (6), le premier terme sous le signe d'intégration disparaisse, est que la surface soit ou à courbure totale constante, ou telle que les courbes situées sur les sphères de centre O et celles le long desquelles la courbure totale est constante forment un système conjugué.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les polygones de Poncelet généralisés.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Je construis ici la courbe Γ la plus générale de classe n admettant, avec une conique *donnée* C_2, ∞^1 triangles circonscrits à Γ, inscrits dans C_2 ; on peut prendre, pour premier sommet ou premier côté, un point *arbitraire* de C_2 ou une tangente *arbitraire* de Γ. Ma Note du 20 octobre 1924 aux *Comptes rendus* amorce la question. On exprime rationnellement en t les coordonnées du point courant de C_2 ; Γ est déterminée par son équation *tangentielle* $f(t_1, t_2) = 0$, où t_1 et t_2 sont les paramètres sur C_2 des points où la tangente courante à Γ perce C_2 ; si f est *symétrique*, n est le degré de f en t_1 ou t_2 isolément ; si f est *dissymétrique*, n est la somme des degrés isolés ; dans ce dernier cas, dont nous verrons l'importance, chaque tangente à Γ a une *origine* (t_1) et une *extrémité* (t_2) nettement différentiées sur C_2 ; la détermination des tangentes à Γ passant par un point t de C_2 se ramène à deux équations *distinctes* $f(t, \theta) = 0$ et $f(\theta, t) = 0$; de plus l'équation tangentielle ordinaire de Γ est de la forme $\varphi(u, v, w) = F^2(u, v, w)$ où φ est le premier membre de l'équation tangentielle de C_2 et F une fraction rationnelle de u, v, w.

2. Remarque intuitive : si Γ doit se décomposer, une chaîne d'équations *arbitraires*

$$f_1(t_1, t_2) = 0, \qquad f_2(t_2, t_3) = 0, \qquad \ldots, \qquad f_{h-1}(t_{h-1}, t_h) = 0$$

définit une chaîne polygonale *ouverte* $M_1 M_2 \ldots M_{h-1} M_h$ dont les côtés sont

successivement tangents aux courbes $\Gamma^{(1)} \ldots \Gamma^{(h-1)}$ d'équation correspondante; l'élimination de $t_2, t_3, \ldots, t_{h-1}$ fournit l'équation $f(t_1, t_h) = 0$ de la courbe $\Gamma^{(h)}$ *résultante* enveloppe de la résultante $M_1 M_h$ du contour. On a donc, suivant que $h = 3$ ou $h > 3$, une solution évidente du problème des *triangles* et *polygones* P_h de Poncelet pour C_2 et la courbe décomposée $\Gamma^{(1)}\Gamma^{(2)} \ldots \Gamma^{(h-1)}\Gamma^{(h)}$. Pour être banale, cette solution suggère néanmoins d'intéressants problèmes que Cayley n'a pas dédaigné de traiter; M. Lebesgue donne aux *Annales de Toulouse* (1922) une belle démonstration géométrique des résultats de Cayley : si $\Gamma^{(1)}, \Gamma^{(2)}, \ldots, \Gamma^{(h-1)}$ sont des coniques appartenant avec C_2 à un même faisceau linéaire, $\Gamma^{(h)}$ se décompose en 2^{h-2} coniques du même faisceau, et une permutation quelconque dans l'ordre des $h-1$ coniques $\Gamma^{(1)}, \ldots, \Gamma^{(h-1)}$ ne change pas le total des coniques résultantes.

Éliminons désormais le cas où, *a priori*, Γ se décompose; nous recueillerons néanmoins les cas où, *a posteriori*, Γ dégénérerait en courbes décomposées, car c'est là la véritable origine des *polygones* de Poncelet, par opposition aux *triangles* : en effet, si Γ se décompose en Γ' et Γ'', il peut arriver que tous les triangles aient deux côtés tangents à Γ', l'autre à Γ'' et que la suppression de Γ'' permette néanmoins de revenir au point de départ sur C_2 par une succession de h tangentes à Γ', $h \geqq 4$.

3. La solution *générale* des triangles de Poncelet s'obtient ainsi : soit un polynome *donné*, arbitraire, $P(\rho, t)$, de degré q en ρ et $n+1$ en t; on élimine ρ entre les deux équations

$$(1) \qquad P(\rho, t_1) = 0, \qquad P(\rho, t_2) = 0.$$

Le résultant, débarrassé du facteur $(t_1 - t_2)^q$ donne l'équation, *en général* indécomposable et symétrique,

$$(2) \qquad R(t_1, t_2) = 0.$$

L'équation $R(t_1, t_2) = 0$ est l'équation tangentielle de la courbe Γ la plus générale cherchée; cette courbe est de classe qn, chaque point de C_2 est sommet de $\frac{n(n-1)q}{2}$ triangles de Poncelet et chaque tangente à Γ porte $(n-1)$ triangles. On a $n \geqq 2$.

Ma Note du 20 octobre n'indiquait cette solution que pour $q = 1$. Il importe de donner une explication géométrique du résultat : rien n'empêche de considérer ρ et t comme paramètres de deux points de C_2 et l'équation $P(\rho, t) = 0$ est alors l'équation tangentielle d'une courbe auxiliaire γ; si P est dissymétrique en ρ et t (ce qui arrive nécessairement si P

est linéaire en ρ), le procédé revient à considérer toutes les tangentes à γ ayant *même origine*, et *à joindre leurs extrémités* : les cordes ainsi obtenues donnent la courbe Γ. Si P est symétrique, la même construction s'applique. On remarque donc qu'il suffit de se donner une courbe *arbitraire* γ, de classe au moins égale à 4 en cas de dissymétrie, et au moins égale à 6 en cas de symétrie; Γ en résulte.

On remarquera que, même si $P(\rho, t)$ est indécomposable, l'équation R peut se décomposer : ainsi $\rho = t^{n+1}$ conduit aux polygones réguliers de n côtés (C_2 peut en effet être réduite à un cercle et γ à une épicycloïde à n rebroussements inscrite dans ce cercle; nous obtenons ainsi un théorème de géométrie intéressant). Si l'on considère deux coniques C_2 et C'_2, qui ne sont plus bitangentes, et admettant ∞^1 polygones de Poncelet de n côtés, chacun de ces polygones fournit une équation en ρ et t, de degré 1 en ρ et $n+1$ en t, moins simple que $\rho = t^{n+1}$ mais conduisant encore à une relation décomposable entre t_1 et t_2 : cette fois on a la division des fonctions *elliptiques* et non plus *circulaires*.

4. Les solutions *particulières* des *triangles* de Poncelet reviennent à choisir γ de sorte que Γ se décompose et que chaque morceau *isolé* admette des triangles. Le procédé *le plus général* pour réaliser ce cas *particulier* consiste à écrire

$$(3) \qquad P(\rho, t) = 0, \qquad Q(t, \theta) = 0,$$

où P a la signification déjà donnée, Q étant un nouveau polynome *arbitraire* de degré r en t, p en θ; l'équation $P = 0$ est l'équation tangentielle de la courbe γ déjà définie, l'équation $Q(t, \theta) = 0$ est l'équation tangentielle d'une courbe γ' analogue, enveloppe de la corde joignant les points t et θ de C_2. De ρ, *origine*, menons *une* tangente à γ, d'où l'*extrémité* t; de ce t, pris cette fois pour *origine*, menons *une* tangente à γ', d'où l'*extrémité* θ : la corde ρ, θ enveloppe une courbe $\bar{\gamma}$ en général irréductible, dont l'équation tangentielle est obtenue en éliminant t entre les équations (3) : soit

$$(4) \qquad \bar{P}(\rho, \theta) = 0.$$

Opérons sur $\bar{\gamma}$ par la méthode du paragraphe 3 : on a évidemment à éliminer une corde θ_1, θ_2 joignant deux points θ provenant du même t : le morceau correspondant s'obtient en opérant sur γ' (au lieu de γ). Il reste donc simplement à joindre deux points θ_1, θ_2 provenant d'une chaîne (ρ, t_1, θ_1) et d'une chaîne (ρ, t_2, θ_2) avec $t_1 \neq t_2$. La courbe Γ ainsi obtenue

est de classe $rqnp$; chaque point de C_2 est sommet de $\frac{p^2qn(n-1)}{2}$ triangles et chaque tangente de Γ porte $p(n-1)$ triangles.

La répétition de ce procédé peut évidemment être opérée un nombre quelconque de fois : on a épuisé ainsi tous les cas possibles.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur quelques propriétés générales des mouvements plans d'un liquide.* Note (1) de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. G. Kœnigs.

Si le mouvement d'un liquide est rotationnel, on peut aussi introduire une *fonction de vitesse*, φ, conjuguée à la fonction de courant, ψ, mais, dans ce cas, les *lignes équipotentielles* $\varphi = c$ et les lignes de courant $\psi = c'$ ne forment pas un réseau orthogonal. Il ne doit pas exister entre φ et ψ de relation indépendante de x, y, en sorte que leur déterminant fonctionnel $\mathfrak{D}$ en x, y n'est pas nul.

Prenons alors φ et ψ pour variables indépendantes (2). Le déterminant fonctionnel de x, y en φ, ψ est l'inverse de $\mathfrak{D}$. De plus, si l'on calcule les composantes u et v de la vitesse q, on trouve immédiatement :

$$u = \frac{\partial\psi}{\partial y} = \mathfrak{D}\frac{\partial x}{\partial\varphi}, \qquad v = -\frac{\partial\psi}{\partial x} = \mathfrak{D}\frac{\partial y}{\partial\varphi}.$$

L'équation de continuité et le tourbillon s'expriment, dans le système de variables φ, ψ, t, comme suit :

$$\frac{D(u, y)}{D(\varphi, \psi)} - \frac{D(v, x)}{D(\varphi, \psi)} = 0, \qquad 2\zeta = \left[\frac{D(v, y)}{D(\varphi, \psi)} + \frac{D(u, x)}{D(\varphi, \psi)}\right]\mathfrak{D}.$$

Si le mouvement est irrotationnel, $\zeta = 0$, le système de ces deux équations est équivalent au système

$$\frac{\partial u}{\partial\varphi} = -\frac{\partial v}{\partial\psi}, \qquad \frac{\partial u}{\partial\psi} = \frac{\partial v}{\partial\varphi}.$$

(1) Séance du 27 octobre 1924.

(2) Dans un mouvement à trois dimensions, les variables correspondantes sont ψ_1, ψ_2, φ, où $\psi_1(x, y, z, t) = c$ et $\psi_2(x, y, z, t) = c'$ sont les équations des lignes de courant et φ une fonction telle qu'il n'existe pas, entre les fonctions ψ_1, ψ_2, φ de relation indépendante de x, y, z. On peut déduire toutes les autres relations en prenant comme base les relations

$$u = \frac{\partial\psi_1}{\partial y}\frac{\partial\psi_2}{\partial z} - \frac{\partial\psi_1}{\partial z}\frac{\partial\psi_2}{\partial y}, \qquad v = \frac{\partial\psi_1}{\partial z}\frac{\partial\psi_2}{\partial x} - \frac{\partial\psi_1}{\partial x}\frac{\partial\psi_2}{\partial z}, \qquad w = \frac{\partial\psi_1}{\partial x}\frac{\partial\psi_2}{\partial y} - \frac{\partial\psi_1}{\partial y}\frac{\partial\psi_2}{\partial x}.$$

Remarquons aussi que l'on peut écrire

$$\varpi = q^2 \cos^2(\theta - \alpha) = q_1^2$$

où

$$q^2 = \left(\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2, \qquad q_1^2 = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2$$

et où nous appelons θ et α les angles que font respectivement la vitesse q et la normale à la lique $\varphi = c$ avec l'axe Ox.

Nous conviendrons de désigner par $\frac{\partial}{\partial t}$ les dérivées partielles prises par rapport au temps dans le système de variables d'Euler et par $\frac{\delta}{\delta t}$ les dérivées partielles prises par rapport au temps dans le système de variables φ, ψ, t et nous nommerons u', v' les composantes de la vitesse de déplacement du point d'intersection d'une ligne de courant et d'une ligne équipotentielle données,

$$u' = \frac{\delta x}{\delta t}, \qquad v' = \frac{\delta y}{\delta t}.$$

On a évidemment les relations

$$\frac{\delta}{\delta t} = u' \frac{\partial}{\partial x} + v' \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial t}, \qquad \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial \varphi}{\partial t}\frac{\partial}{\partial \varphi} + \frac{\partial \psi}{\partial t}\frac{\partial}{\partial \psi} + \frac{\delta}{\delta t},$$

et, par conséquent,

$$u' = \frac{1}{\varpi}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\frac{\partial \psi}{\partial t} - \frac{\partial \psi}{\partial y}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right), \qquad v' = \frac{1}{\varpi}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\frac{\partial \psi}{\partial t} - \frac{\partial \psi}{\partial x}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right),$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\varpi\left(\frac{\partial y}{\partial \psi}u' - \frac{\partial x}{\partial \psi}v'\right), \qquad \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\varpi\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}v' - \frac{\partial y}{\partial \varphi}u'\right).$$

Si le mouvement est irrotationnel, l'équation de pression prend la forme

$$\frac{p}{\rho} - \mho + \frac{1}{2}[(u - u')^2 + (v - v')^2] - \frac{1}{2}(u'^2 + v'^2) = \chi(t),$$

où χ est une fonction de t seulement. Remarquons aussi que, si le mouvement est irrotationnel, les équations de mouvement peuvent être exprimées comme suit

$$\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \varphi} = -\frac{\partial \log q}{\partial t}, \qquad \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \psi} = -\frac{\partial \theta}{\partial t},$$

où les dérivées partielles qui figurent dans les secondes parties sont prises en regardant comme constantes x, y, et H est la quantité

$$\mathrm{H} = \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2}q^2 - \mho.$$

Dans le cas général d'un mouvement rotationnel non permanent, les équations du mouvement sont

$$\frac{\partial H}{\partial \varphi} = -\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial \varphi}\frac{\partial v}{\partial t}\right), \qquad \frac{\partial H}{\partial \psi} = -2\zeta - \left(\frac{\partial x}{\partial \psi}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial \psi}\frac{\partial v}{\partial t}\right),$$

et la condition d'intégrabilité $\frac{d\zeta}{dt} = 0$ peut être aussi exprimée en fonction des variables φ, ψ, t. Si le mouvement est permanent et, par conséquent, la condition $\frac{\partial \zeta}{\partial \varphi} = 0$ est vérifiée, l'équation de pression devient

$$H + 2\int_0 \zeta \, d\psi = \text{const.}$$

où la constante a la même valeur dans tout le domaine occupé par le fluide.

Si l'on connaît la définition paramétrique d'une courbe C sans points doubles, fermée ou s'étendant à l'infini,

$$x = f_1(\beta), \qquad y = f_2(\beta),$$

on obtient le mouvement fluide irrotationnel permanent, dont la courbe C est l'une des lignes de courant (par exemple la ligne de courant $\psi = 0$), en posant

$$x + iy = f_1(\varphi + i\psi) + if_2(\varphi + i\psi).$$

On peut aussi obtenir ainsi des mouvements rotationnels en considérant des fonctions non analytiques.

En appliquant la théorie exposée plus haut au mouvement ondulatoire rotationnel de Gerstner, on trouve qu'on peut définir ce mouvement, que nous rendrons permanent, en communiquant à tout le fluide une vitesse constante $a = \sqrt{\frac{g}{m}}$, en écrivant

$$x + iy = \frac{1}{a}[\varphi + if(\psi)] + iA\, e^{i\frac{m}{a}[\varphi - if(\psi)]},$$

la fonction $f(\psi)$ étant définie par l'équation

$$f + \frac{1}{2} am A^2\left(1 - e^{2\frac{m}{a}f}\right) = \psi.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de protubérances nuageuses remarquables, apparues récemment sur le terminateur de Mars.* Note de MM. F. **Baldet** et E.-M. **Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

En poursuivant nos observations sur Mars avec la lunette de $0^m,83$ de l'Observatoire de Meudon, nous constatâmes récemment l'apparition de protubérances sur le terminateur actuellement visible.

Pour la première fois cette année, le 8 octobre, à $18^h 10^m$ (T. M. légal), trois protubérances étaient d'abord aperçues par Antoniadi. Elles s'étendaient sur les régions rougeâtres de Novissima Thyle, d'Hellas et d'Aeria.

Le 10 octobre, Baldet apercevait une protubérance jaunâtre, double, qu'on pourrait classer parmi les plus saillantes qui aient jamais été observées, et qui fut suivie par les deux observateurs. Elle émergea du terminateur à $18^h 15^m$, sous l'aspect d'un point lumineux qui se développa graduellement pour atteindre sa plus grande élévation à $19^h 5^m$ (*fig.* 1).

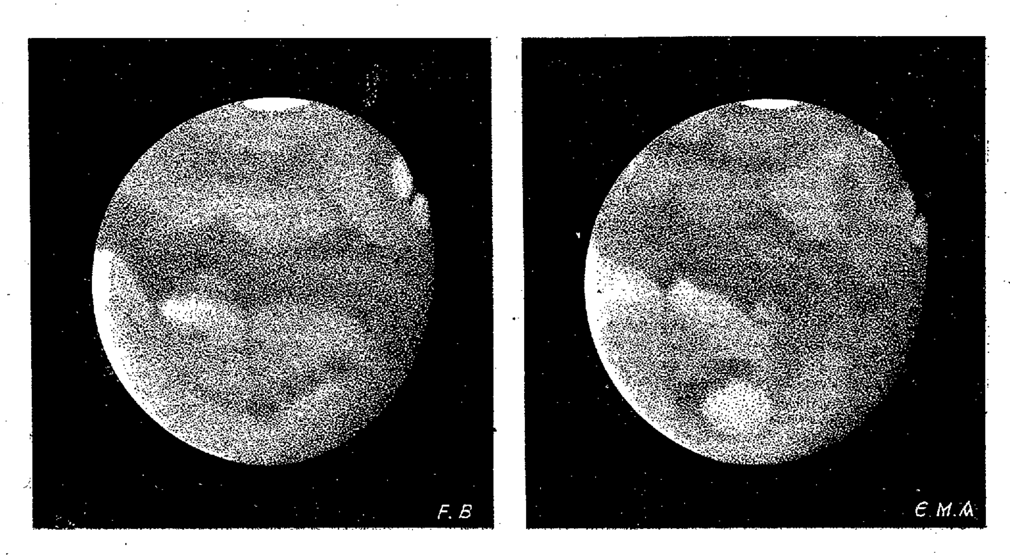


Fig. 1. — 1924, octobre 10, $19^h 5^m$. Fig. 2. — 1924, octobre 13, $21^h 45^m$.
Aspects de Mars, avec protubérances sur le terminateur.

Elle avait alors, au Sud, une autre protubérance, moins saillante, séparée de la première par une traînée caractéristique, fine et sombre, qui pénétrait assez loin sur le disque.

Les 11, 12 et 13 octobre (*fig.* 2), le même groupe des deux protubérances,

avec traînée sombre intermédiaire, fut retrouvé sur le terminateur, mais avec des variations de position et de hauteur d'un jour à l'autre. Le 11 octobre, M. Deslandres observa la fin de la protubérance, M. Perot le début.

La moyenne de nos déterminations donne pour les positions et hauteurs successives du point culminant de la protubérance principale, celle du Nord, les valeurs suivantes :

Date.	Longitude.	Latitude.	Hauteur au-dessus du sol de Mars.
	°	°	km
10 octobre 1924..........	316	—40	18
11 »	309	—28	13
12 »	314	—26	8
13 »	319	—32	13

Les figures 3 à 6 donnent les formes et positions successives de ces protu-

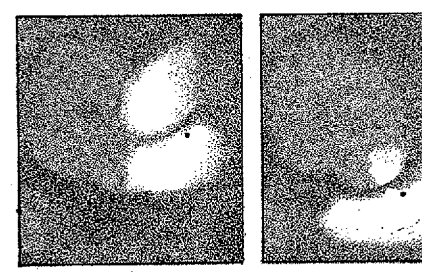


Fig. 3. — 10 oct., 19^h5^m.

Fig. 4. — 11 oct., 19^h55^m.

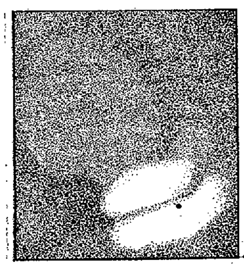


Fig. 5. — 12 oct., 21^h15^m.

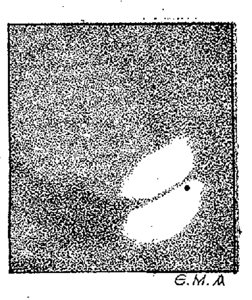


Fig. 6. — 13 oct., 21^h50^m.

Formes et positions successives de la protubérance double ramenée au méridien central de Mars et supposée vue normalement.

(Les petits cercles noirs représentent la position du sommet des saillies.)

bérances, qui étaient au-dessus des régions néphogènes d'Hellas et de Yaonis Regio.

Le déplacement du point culminant (*fig.* 7), toujours situé sur la protubérance inférieure, donne les vitesses moyennes suivantes :

Du 10 au 11 octobre..	31^{km} par heure, ou	9^m	par seconde.
» 11 » 12 » ..	14 »	4	»
» 12 » 13 » ..	24 «	7	»

Etant donné que ces diverses observations concernent des phénomènes essentiellement temporaires et mobiles, on ne saurait attribuer ces protu-

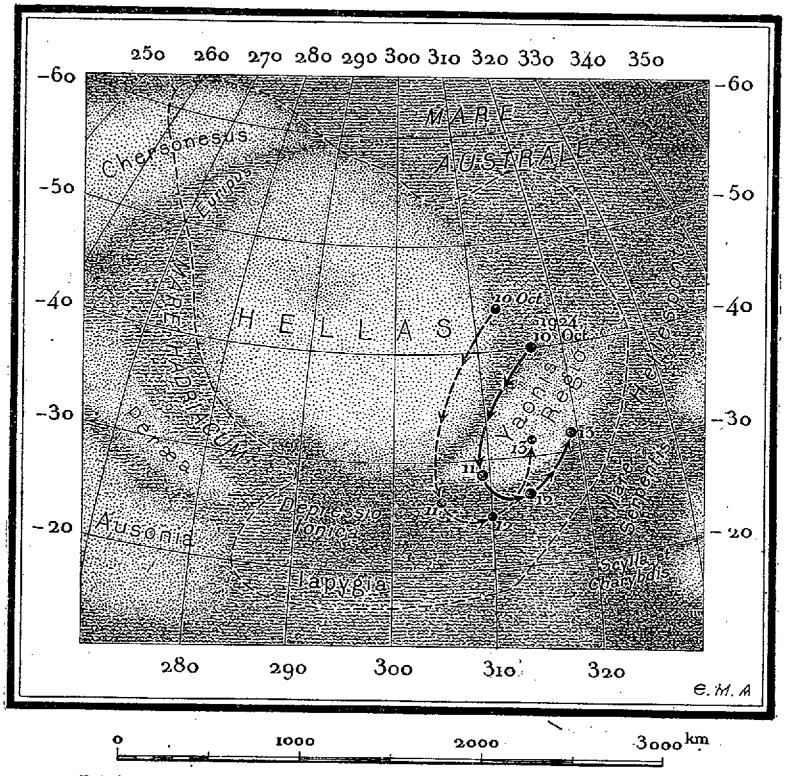


Fig. 7. — Déplacement du point culminant et du centre de la protubérance double, du 10 au 13 octobre 1924.

(Les flèches en traits pleins indiquent la trajectoire du sommet; les flèches en traits discontinus celle du centre; le trait discontinu enveloppant marque la limite de la perturbation générale du 8 au 13 octobre.)

bérances à des montagnes élevées, mais bien à de vastes masses nuageuses flottant dans l'atmosphère de Mars et entraînées par des courants aériens.

ASTRONOMIE. — *Découverte d'une nouvelle étoile variable à période probablement très courte.* Note de M. A. Brun, présentée par M. B. Baillaud.

Dans le courant de l'année 1918, en comparant deux photographies stellaires, j'ai soupçonné la variabilité de l'étoile qui porte le n° + 80°.5030

dans le catalogue astrographique de Greenwich, et dont la position pour 1900,0 esr la suivante :

$$\alpha = 19^h\,40^m\,40^s, \qquad \delta = +\,80^o\,42'\,2,$$

Mais les instruments dont je disposais alors étaient insuffisants pour me permettre d'observer aisément cette étoile, qui est toujours inférieure à la douzième grandeur.

Grâce à la lunette de 6 pouces, mise a ma disposition par M. le Directeur de l'Observatoire de Paris, j'ai pu reprendre l'étude de cet astre et confirmer sa variabilité.

La variation totale de cette étoile est comprise entre les grandeurs 12,6 (maximum) et 13,3 (minimum). La période paraît rapide : le maximum est atteint en moins de deux heures, et celui-ci semble de courte durée.

Ces caractères indiquent qu'il s'agit probablement d'une variable du type antalgol à très courte période, dont nous connaissons encore très peu de spécimens.

PHYSIQUE. — *Vitesse de cémentation du cuivre en fonction de la température.* Note de MM. **T. Peczalski** et **A. Launert**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons mesuré les changements des propriétés physiques du cuivre cémenté par quelques sels à des températures croissantes. Les baguettes à cémenter étaient mises dans des tubes de fer de 12^{mm} de diamètre. Les baguettes étaient entourées des sels pulvérisés et desséchés. Les tubes étaient mis dans un four électrique dont l'ouverture avait 5^{cm} de diamètre et 30^{cm} de longueur. Chaque baguette était longue de 25^{cm}. Elle était placée au milieu du four. La température à laquelle la baguette était portée était suffisamment uniforme sur une longueur de 10^{cm} au milieu d'elle. Dans le four on mettait 7 tubes contenant des baguettes entourées des sels différents. Entre les tubes on mettait un pyromètre thermo-électrique. Pendant la marche de l'expérience on a pu régler le chauffage de façon que la température soit constante.

La vitesse de cémentation dépend, en dehors de la température et du temps, de plusieurs facteurs accessoires, comme le degré de pulvérisation des sels dans lesquels on chauffe les baguettes. Afin d'éviter l'inconvénient

qui pourrait surgir dans nos expériences, on employait pour les cémentations les mêmes sels préparés d'avance pour chaque série de mesures.

La durée de chauffage des baguettes était toujours de 6 heures à des températures diverses.

Les mesures des propriétés du cuivre cémenté dans KCl (point de fusion de KCl est 770°) portaient : 1° sur le changement de diamètre d de la baguette [1] (le diamètre avant le chauffage étant de $4^{mm},51$); 2° sur la résistance spécifique ρ (ρ du cuivre pur étant de $16,84.10^{-3}$). Ces mesures étaient faites à la température de 15° C., sur une longueur de 10^{cm}, prise au milieu de la baguette; 3° sur la densité δ du cuivre à la température de 15° C.; 4° sur la température t de cémentation.

t	15.	525.	600.	700.	750.	800.	850.	875.	900.
d	4,51	4,53	4,585	4,62	//	4,651	//	//	4,62
»	4,51	4,53	4,588	4,61	//	4,62	//	//	4,606
»	4,54	//	4,585	//	4,65	4,675	//	//	4,62
»	4,51	//	//	4,61	4,65	4,67	4,69	4,65	4,61
$\rho.10^3$	16,84	16,92	17,57	18,06	//	18,59	//	//	18,88
»	16,84	16,90	17,53	17,92	//	18,18	//	//	19,24
»	16,84	//	17,29	18,28	//	18,91	//	//	18,61
»	18,01	//	//	18,95	19,62	20,20	21,13	20,56	20,48
δ	8,878	//	//	8,599	8,366	8,32	8,28	//	8,57

De ces expériences il résulte : 1° que le cuivre est cémenté par KCl aux températures voisines de son point de fusion, à peu près avec la même vitesse que le sel soit solide ou liquide; 2° qu'il y a une température optimum pour la vitesse de cémentation vers 850°C. Ces conclusions sont déduites de mesures des diamètres et densités des cuivres cémentés, mesures plus probantes que celles des résistances. Beaucoup de causes influent sur cette dernière propriété, comme le changement de structure du cuivre, l'occlusion des gaz, les cassures du cuivre cémenté qu'on observe quelquefois, alors que ces changements n'ont qu'une faible influence sur le volume et la densité.

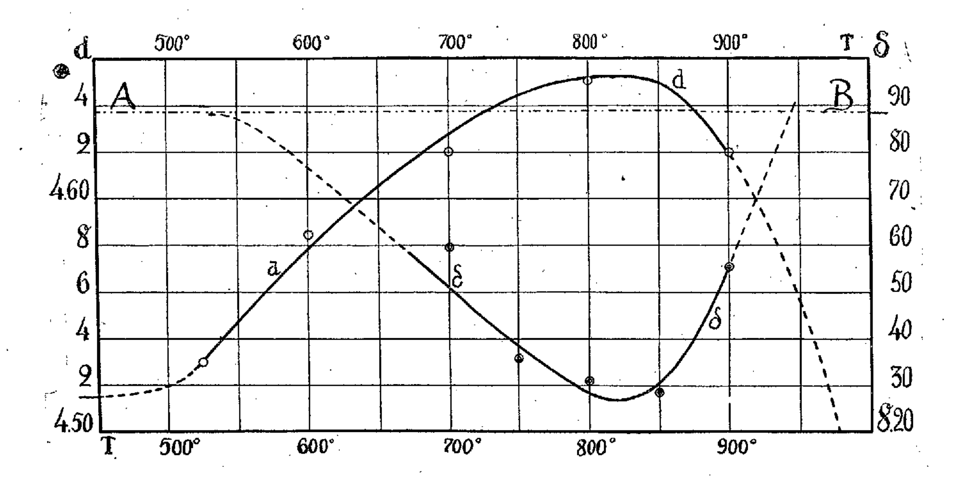
L'optimum de température de cémentation est observable dans une seule expérience où l'on cémente la baguette dans KCl à 900°C., la baguette étant de longueur plus grande que la région où règne cette température dans le four. Par conséquent, le milieu de la baguette est cémenté à une

---

[1] Voir sur ce sujet : T. Peczalski et A. Launert, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1962.

température plus élevée que les bouts. On aperçoit alors un gonflement de la baguette plus petite au milieu qu'aux bouts. L'effet est inverse lorsque l'on chauffe le milieu de cette baguette à la température de 700° C.

Traçant la courbe des diamètres des baguettes en fonction des températures de cémentation et prolongeant cette courbe jusqu'à ce qu'elle rencontre l'axe des températures, on voit qu'elle coupe cet axe vers la température de fusion du cuivre. On voit qu'au voisinage de ce point de fusion la vitesse de cémentation, ou la cémentation même, s'annule. Ce qui confirme l'effet observé par l'un de nous (¹) dans l'arc électrique, ou le bout de la baguette de cuivre cémenté, employée comme électrode de l'arc, laisse échapper des bulles de vapeur du sel, purifiant ainsi par fusion le cuivre des inclusions de sels. Sur la figure on a tracé aussi la courbe des densités δ des cuivres cémentés à diverses températures (densités mesurées toujours à la température de 15° C.). La ligne AB indique la valeur de δ du cuivre pur. On voit que les densités des cuivres cémentés tendent vers celle du cuivre pur lorsque la température de cémentation s'approche de 1000° C.



La cémentation du cuivre par d'autres sels confirme les faits observés avec la cémentation du cuivre par KCl.

Le tableau suivant contient les résultats des mesures des diamètres *d* des baguettes cémentées dans $BaCl^2$ (950° C.) et $CaCl^2$ (780°), les nombres entre parenthèses indiquent les points de fusion de ces sels.

(¹) T. Peczalski, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1813.

t	15°.	525°.	600°.	700°.	800°.	900°.
$BaCl^2$	4,51	4,522	4,575	4,59	4,645	4,633
$CaCl^2$	4,51	4,542	4,63	4,64	4,665	4,645

Les expériences faites pour vérifier l'optimum de cémentation du cuivre par les sels réfractaires n'ont pas donné des résultats suffisamment concordants. Cette cémentation est néanmoins observable. Par exemple, après cémentation à la température de 600° du cuivre dans Al^2O^3, le diamètre de la baguette passe de $4^{cm},51$ à $4^{cm},56$, ce qui est mesurable.

OPTIQUE. — *Absorption sélective des verres colorés et méthode radiométrique pour la détermination de leur pouvoir réfléchissant.* Note de M[lles] **Marya Kahanowicz** et **Ada Estrafalaces**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Le fonctionnement de quelques systèmes monochromatiseurs avant une source grise a permis d'obtenir des expressions extrêmement simples pour l'absorption sélective et le pouvoir réfléchissant de verres colorés dotés d'une bande homogène de transparence.

Comme source était employé l'oxyde de nickel échauffé à des températures comprises entre 500° et 1120° C., et comme appareil récepteur la lentille pyrométrique de Féry; le dispositif expérimental est déjà celui employé par moi dans l'étude du pouvoir émissif (¹) des oxydes : une lame mince d'oxyde est placée dans un four électrique dans la région où la température se maintient encore uniforme, et la température est déduite des indications d'un élément Le Chatelier, dont la soudure est presque adossée à la lame. La lunette permet avec la mise au foyer de la lame relativement à la lentille d'éliminer les radiations provenant des parois du four; le faisceau après avoir traversé un écran rencontre le filtre placé avant la lentille pyrométrique.

On a étudié des systèmes monochromatiseurs formés des verres colorés de la maison Chott de Iéna : le verre rouge type F 4512 et deux qualités de verre bleu, types F 3873 et F 3654.

Le verre rouge fournit un faisceau homogène avec une épaisseur quelconque; pour le verre bleu était nécessaire l'union en système, parce que chacun d'eux donne des bandes de transparence dans différentes régions

(¹) Marya Kahanowicz, *Potere emissivo di alcuni metalli ed ossidi* (*Rendiconti della R. Accademia nazionale dei Lincei*, vol. 30, série 5ª, 2e sem. p. 132).

spectrales, et seulement avec des systèmes accouplés en épaisseurs déterminées, on réussit à rétrécir la bande en une région spectrale unique. L'étude des bandes a été exécutée avec des sources à hautes températures et au moyen d'un spectroscope Hilger à forte transmission gradué en 50 U. Å.

Les courbes énergétiques obtenues pour la radiation intégrale et pour les radiations filtrées ont conduit à la représentation suivante du phénomène :

$$E = AE_0 e^{\beta T} \ldots, \qquad (1)$$

où E_0 indique l'énergie correspondant à la radiation totale, E celle correspondant à la radiation filtrée, T la température absolue de la source et A et β des constantes. Les mesures sont relatives, exprimées en divisions galvanométriques, contrôlées bien entendu pour la loi de proportionnalité dans les indications du galvanomètre.

Pour le verre rouge, étudié avec deux épaisseurs séparément et accouplées en un système unique, on a obtenu les résultats suivants :

Épaisseur *d* (en mm).	Zone spectrale transmissible λ (en microns).	Largeur de la bande transmissible Δλ (¹) (en microns).	A.	β.
0,969........	0,51-0,75	0,24	0,0570	0,0018
3,020........	0,60-0,75	0,15	0,0129	0,0027
3,989........	0,61-0,74	0,13	0,0081	0,0030

Densité du verre $\delta = 2,69$; Pouvoir réfléchissant (²) $R = 0,091$.

D'où l'on déduit deux constantes fondamentales :

$$c = \beta\,\Delta\lambda = 0,00041; \qquad R = \frac{A\,d}{\delta\,\Delta\lambda} = 0,091.$$

A la première, indépendante de l'épaisseur, on ne peut pas attribuer une autre signification physique que celle d'une constante de radiation : *c* est un paramètre inhérent à la source et pourrait bien être caractéristique pour les courbes isochromatiques. La seconde, fonction de l'épaisseur, doit en conséquence renfermer les deux paramètres de l'absorption, c'est-à-dire le coefficient de transparence (D) et le pouvoir réfléchissant (R). La constante

(¹) On indique par Δλ la largeur maxima de la bande qui peut être transmise par le filtre.

(²) Coblentz indique pour le verre rouge Pyrex R = 0,09 (*Scient. Pap. Bureau of Stand.*, n° 438, 1922).

radiométrique A est inhérente au verre et doit être égale au produit RD.

On arrive ainsi aux conclusions suivantes :

Le *coefficient de transparence* relatif à l'épaisseur d et à la bande $\Delta\lambda$ s'exprime par

$$D = \frac{\delta\Delta\lambda}{d}. \tag{2}$$

Le *pouvoir réfléchissant* s'exprime par

$$R = \frac{A d}{\delta\Delta\lambda}. \tag{3}$$

En substituant dans (1) les expressions de c et A, on arrive à une forme nouvelle pour la *loi d'absorption sélective*, donnée par

$$E = \frac{R\delta\Delta\lambda}{d} E_0 S, \tag{4}$$

où le facteur $\frac{R\delta\Delta\lambda}{d}$ renferme la fonction monochromatisante du filtre et le facteur S est déterminé par l'émission de la source par rapport à la zone spectrale λ.

Pour une source grise à la température T, $S = e^{\frac{cT}{\Delta\lambda}}$ avec c variable avec λ.

Les résultats obtenus pour les systèmes bleus ont confirmé les hypothèses faites dans la formule (1); c diminue avec la longueur d'onde, conformément aux lois de radiation spectrale du corps noir; R est moindre pour le verre bleu que pour le rouge. La valeur trop grande de R pour le deuxième système s'explique par les modalités de nature complexe selon lesquelles s'effectuent les réflexions mutuelles dans les systèmes mixtes (deux qualités de verre) :

Accouplements.	d (en mm).	λ (en μ).	A.	β.	c.	R.
Deux lames 3873...	3,257	0,400–0,510	0,0021	0,0022	0,00024	0,025
Lames 3873 et 3654..	6,138	0,400–0,475	0,0034	0,0013	0,00010	0,113

$\delta = 2,45$ (3873); $\delta = 2,49$ (3654).

La relation fondamentale (4) conduit à retenir que la loi de l'absorption sélective est essentiellement différente de la loi de Beer; l'extinction est déterminée non pas par une fonction exponentielle de l'épaisseur, mais par la fonction monochromatisante $\frac{R\delta\Delta\lambda}{d}$.

La loi de Beer se rapporte aux radiations monochromatiques; la loi (4)

s'applique à un spectre complexe pour le réduire, grâce à un mécanisme particulier de sélection opéré par le milieu absorbant, à un faisceau homogène. En même temps la relation (4) nous fournit une méthode radiométrique pour la détermination du pouvoir réfléchissant.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Modification de la méthode des zones (Ritchey) pour la détermination des aberrations des systèmes optiques. Son extension aux aberrations en dehors de l'axe.* Note de M. **J. Cojan**, présentée par M. A. Cotton.

I. La détermination du foyer d'une zone se ramène à une mesure photométrique : il faut chercher la position de la lame de couteau qui égalise les éclairements des deux parties de la zone considérée laissées libres dans l'écran. Cette égalisation se fait dans des conditions peu favorables, les deux champs n'étant pas contigus. Dans le cas de systèmes très ouverts, tels que certains objectifs photographiques, l'œil ne peut percevoir simultanément les deux champs et l'égalisation se fait de mémoire. Cet inconvénient disparaît si l'on remplace la mesure visuelle par une mesure photographique. On dispose derrière le couteau une chambre mise au point sur le plan de l'écran. On prend une série de clichés correspondant à des positions du couteau échelonnées le long de l'axe. La différence de densité des images change de signe lorsqu'on encadre le foyer d'une zone. On mesure ces densités au microphotomètre. La position du foyer se déduit par interpolation avec une grande précision.

Les avantages de ce mode de détermination sont les suivants :

1° Les mesures photométriques se font par égalisation de deux plages contiguës.

2° La précision est augmentée du fait que les plaques ont un contraste supérieur à celui de l'œil (dans le rapport 1,8 pour les plaques utilisées). En fait, on détermine la position des foyers à environ $0^{mm},01$ près.

3° La méthode reste applicable aux régions extrêmes du spectre visible, où la méthode visuelle est peu précise par suite du manque de sensibilité de l'œil à ces radiations, et même à l'ultraviolet. Elle constitue donc une méthode générale de détermination des aberrations axiales des systèmes.

Voici deux exemples d'applications :

Exemple I. — Aberrations sphériques au centre d'un miroir de 75^{cm} de rayon.

Hauteur des zones.....	15^{mm}	30^{mm}	45^{mm}	60^{mm}
Distance d'intersection :				
Cliché I............	8,43	7,99	7,77	7,83
Cliché II............	8,39	7,99	7,77	7,86
Cliché III...........	8,42	7,99	7,77	7,84

Exemple II. — Aberration sphérique d'un objectif de 50^{cm} de foyer pour une radiation de longueur d'onde, $\lambda = 0,436\mu$.

Hauteur des zones........	10^{mm}	20^{mm}	30^{mm}
Distance d'intersection :			
Cliché I..............	3,04	2,52	2,30
Cliché II..............	3,04	2,51	2,30

II. La méthode permet également la détermination des aberrations obliques.

Si le point lumineux objet n'est plus sur l'axe, les rayons lumineux incidents situés dans le plan méridien de symétrie restent dans ce plan après avoir traversé le système et se coupent entre eux. Lorsque le couteau passe par l'intersection de deux de ces rayons, les zones correspondantes de l'écran s'assombrissent uniformément. On dispose dans le plan du diaphragme de l'objectif un écran percé d'un trou central qui isole le rayon principal et d'un certain nombre d'autres situés de part et d'autre du centre. Le couteau est perpendiculaire au rayon principal et l'on détermine ainsi les points où les différents rayons coupent ce rayon. La coma se mesure de cette manière sous la forme d'une aberration longitudinale le long du rayon principal. La précision de la mesure est du même ordre de grandeur que celle de la mesure des aberrations axiales.

Exemple. — Détermination de la coma d'un objectif de 50^{cm} de foyer pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},436$ à 20^{o} de l'axe :

Hauteur des zones....	10^{mm} (droite)	10^{mm} (gauche)	20^{mm} (gauche)	30^{mm} (gauche)
Distance d'intersection :				
Cliché I............	$5^{mm},58$	$6^{mm},50$	$6^{mm},88$	$7^{mm},27$
Cliché II...........	$5^{mm},55$	$6^{mm},50$	$6^{mm},88$	$7^{mm},25$

(La courbe étant dissymétrique, il faut distinguer les zones placées à droite et celles placées à gauche du trou central : les rayons correspondant à des hauteurs de 20 et 30^{mm} à droite ne sont plus dans le champ.)

La position de l'élément de focale tangentielle sur le rayon principal se détermine comme une position limite lorsqu'on diaphragme le système, exactement comme le foyer des rayons centraux dans le cas de l'aberration sphérique.

On peut d'ailleurs déterminer directement la position des éléments de focales tangentielles et sagittales sur le rayon principal. Le couteau a deux lames rectangulaires et chacune d'elles est parallèle à l'une des focales. Les positions de celles-ci correspondent aux positions du couteau qui assombrissent uniformément le système.

Cette détermination est moins précise que les précédentes, car il faut, en général, diaphragmer fortement le système de manière à obtenir l'astigmatisme pur.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le champ magnétique de l'électron en mouvement.* Note de M. F. **Guéry**, présentée par M. Paul Janet.

I. Ampère a établi la loi d'action entre deux éléments de courant, en partant du fait d'expérience qu'un circuit fermé exerce sur un élément de courant une force normale à cet élément. Il a fait, en outre, l'hypothèse que la force entre éléments de courant est dirigée suivant la ligne qui les joint. Maxwell a généralisé la formule d'Ampère en laissant indéterminée la direction de la force.

R étant la distance de deux éléments $i\,dl$, $i'\,dl'$, ε, θ, θ' les angles respectifs de ces éléments de courant entre eux et avec la droite qui les joint, Q une fonction inconnue de R, les composantes P, S, S′ de la force qui s'exerce entre les éléments de courant suivant R, dl, dl' ont pour expression :

$$P = \frac{ii'\,dl\,dl'}{R^2}\left[2\cos\varepsilon + 3\cos\theta\cos\theta' + R^3\frac{d^2Q}{dR^2}\cos\theta\cos\theta' - R^2\frac{dQ}{dR}(\cos\varepsilon + \cos\theta\cos\theta')\right],$$

$$S = ii'\,dl\,dl'\frac{dQ}{dR}\cos\theta',$$

$$S' = -ii'\,dl\,dl'\frac{dQ}{dR}\cos\theta.$$

Ces relations supposent admis, comme Poincaré l'a fait observer, que l'action d'un circuit fermé sur un élément de courant soit la somme géométrique des actions sur cet élément de chacun de ceux du circuit fermé, hypothèse parfaitement justifiée quand le courant est attribué à une circulation de charges électriques.

II. Laplace a déduit du résultat de l'expérience de Biot et Savart une loi élémentaire de l'action d'un pôle d'aimant sur un élément de courant applicable au cas du courant rectiligne indéfini. Cette action normale au plan de l'élément de courant et du pôle a pour expression (notations habituelles) :

$$f = \frac{mi\,dl \sin \alpha}{R^2}$$

de cette relation, que l'on désigne souvent sous le nom de « première loi de Laplace », et qui est inaccessible aux vérifications expérimentales, on déduit l'action d'un champ magnétique sur un élément de courant qui s'exprime suivant la relation suivante, dite « deuxième loi de Laplace », et qui peut être vérifiée par l'expérience : l'action du champ $\mathcal{H}$ sur l'élément de courant $i\,dl$ est normale au plan défini par les directions du champ et de l'élément et a pour valeur le produit du champ par l'élément de courant et par le sinus de leur angle β :

$$F = \mathcal{H}\, i\, dl \sin \beta.$$

Partant de ces deux lois, on peut être tenté de déterminer l'action réciproque de deux éléments de courant en faisant le raisonnement suivant qui paraît contenu dans la théorie de Lorentz :

Puisque, en vertu de la première loi de Laplace, un élément de courant agit sur un pôle, c'est qu'il est pourvu d'un champ magnétique dont l'action sur un autre élément de courant substitué au pôle peut être déterminée par application de la deuxième loi de Laplace.

III. Donc deux lois d'action entre éléments de courant, l'une suivant Ampère avec la généralisation indiquée par Maxwell, l'autre suivant Laplace, sont en présence. Or il est facile de constater qu'elles ne sont pas équivalentes et que, même par une extension du principe d'égalité de l'action et de la réaction que l'on a tenté d'appliquer à la loi d'action suivant Laplace, on ne peut les rendre équivalentes. L'une au moins de ces deux lois doit donc être repoussée.

Le raisonnement qui a conduit à l'action suivant Laplace n'est pas inattaquable parce qu'il suppose la première loi de Laplace nécessaire, alors qu'elle n'est que suffisante dans le cas particulier du courant rectiligne auquel son auteur l'a appliquée. On peut d'ailleurs vérifier que la loi d'action suivant Laplace tombe en défaut dans le cas d'un courant circulaire agissant sur un élément de courant placé en son centre, alors que la loi d'action suivant Ampère est aussi bien valable dans ce cas que dans celui du courant rectiligne. La loi d'action suivant Laplace doit donc être rejetée.

IV. Indépendamment de toute hypothèse sur la nature intrinsèque du courant, la théorie électromagnétique de Maxwell dont les relations lient les champs électrique et magnétique paraît à l'heure actuelle bien confirmée par l'expérience. Cette théorie n'a aucun lien apparent avec la théorie électrodynamique d'Ampère, généralisée par Maxwell et rappelée au paragraphe I.

Depuis Lorentz, le courant est généralement attribué à une circulation d'électrons doués d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Dans cette théorie de l'électricité et du magnétisme où l'on prétend ne maintenir qu'une seule entité, l'électron, comme cause des phénomènes électromagnétiques, il est nécessaire d'admettre que les forces électrodynamiques entre courants sont dues à une sommation des actions réciproques des électrons les uns sur les autres ; on est ainsi conduit logiquement à donner une valeur physique à l'action entre éléments de courant.

Or, dans la théorie de Lorentz le champ magnétique de l'électron se détermine par application de la théorie de Maxwell. On trouve ainsi, dans le cas du courant rectiligne et uniforme une expression équivalente à la première loi de Laplace, compatible, comme nous l'avons vu, dans ce cas particulier avec l'expérience. Dans le cas du courant circulaire, l'application de la théorie de Maxwell conduit à une valeur du champ magnétique de l'électron en mouvement qui ne correspond pas à la première loi de Laplace.

Mais de cette expression du champ résulte une action entre éléments de courant dont l'intégration ne donne que la moitié de l'action réelle. On est ainsi amené à attribuer la moitié de l'action au champ magnétique, l'autre moitié à une modification du champ électrique dû au mouvement, hypothèse physiquement inadmissible.

La conclusion de ce qui précède est que le champ magnétique de l'électron n'est qu'une expression mathématique sans réalité physique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Précipitation du tantale et du niobium par le cupferron, et leur séparation d'avec le fer*. Note de M. **H. Pied**, présentée par M. G. Urbain.

Le cupferron a déjà été utilisé pour précipiter de nombreux corps [1], notamment le titane, le zirconium, le fer, l'urane uraneux, sans jamais avoir

[1] Une bibliographie complète de la question figure dans : V. Auger, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 995, et dans G.-E.-F. Lundell et H.-B. Knowles, *The J. of Indust. and Engineering Ch.*, t. 12, 1920, p. 344.

été employé, à ma connaissance, comme réactif du tantale et du niobium. J'ai trouvé qu'il précipite quantitativement ces deux derniers éléments de leur solution oxalotartrique rendue fortement sulfurique, ce qui permet d'appliquer à l'analyse la méthode de séparation du fer indiquée par Weiss et Landecker (¹), méthode qui n'a pu entrer dans la pratique jusqu'ici par suite de la stabilité des complexes oxalotartriques de tantale et de niobium vis-à-vis « de tous les réactifs connus » (²).

Les hydroxydes fraîchement précipités sont dissous dans l'acide oxalique; la solution additionnée d'un peu d'acide tartrique peut être portée à ébullition, concentrée ou diluée, additionnée d'ammoniaque ou d'acide sulfurique, sans qu'elle se trouble; le sulfhydrate d'ammoniaque ne précipite que le fer et la séparation est complète si l'on a soin d'opérer avec une solution tiède et d'attendre une nuit.

Après filtration du sulfure de fer, la liqueur est rendue fortement sulfurique, puis débarrassée de l'hydrogène sulfuré par ébullition et du soufre par filtration. La solution est alors refroidie complètement, puis additionnée de cupferron en agitant énergiquement; l'apparition d'un voile blanchâtre à la surface du liquide indique la fin de la réaction. Le précipité, filtré aussitôt en opérant une légère succion, est ensuite lavé avec de l'eau faiblement sulfurique, puis séché partiellement et calciné avec soin. La précipitation du tantale et du niobium est complète, comme le montre l'étude de la solution après destruction des matières organiques qu'elle renferme. Le titane, s'il est présent, accompagne le tantale.

Ce procédé rappelle celui de Thornton (³), dans lequel le titane et le zirconium sont précipités par le cupferron en solution tartrique. Il a l'avantage, sur la précipitation par hydrolyse, de fournir une séparation plus exacte, sans nécessiter d'ébullition prolongée.

J'ai constaté que la solution oxalique peut être obtenue en traitant directement la masse de fusion que les oxydes calcinés et de nombreux minéraux donnent par attaque au pyrosulfate. Les terres rares et le thorium ne gênent point la dissolution; ils forment un précipité cristallin dont l'importance permet d'évaluer leur teneur dans le minéral. Le titane peut, de plus, être dosé dans la solution, l'acide oxalique n'ayant aucune action à froid sur la coloration donnée par l'eau oxygénée (⁴).

(¹) L. Weiss et M. Landecker. *Z. für anorg. Ch.*, t. 64, 1909, p. 69.
(²) L. Weiss et M. Landecker, *loc. cit.*, p. 70.
(³) Thornton, *Am. J. of Sc.*, t. 37, 1914, p. 173; t. 38, 1914, p. 137.
(⁴) Roy D. Hall, *The J. of the Am. Ch. Soc.*, t. 26, 1904, p. 1241.

Ces deux faits peuvent être utilisés pour la détermination rapide des minéraux radioactifs contenant du niobium : fergusonite, samarskite, ampangabéite, euxénite, priorite, betafite.

Il est à remarquer, en outre, que la solution oxalique ainsi obtenue précipite par la soude caustique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires. Préparation et déshydratation de quelques α-α-diaryléthanols et alcoyldiaryléthanols.* Note de M^me **P. Ramart** et M^lle **Amagat**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication, l'une de nous a montré que l'on pouvait alcoyler l'éther diphénylacétique au moyen de l'amidure de sodium et des halogénures d'alcoyles. Nous avons étendu cette étude à l'éther *p*-tolylphénylacétique, afin d'obtenir les dérivés alcoylés correspondants dont aucun terme n'était encore connu.

L'obtention de ces composés devait nous permettre de préparer par réduction toute une série d'alcools primaires de formule générale

$$\begin{matrix} CH^3C^6H^4 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\R}}{C} - CO^2CH^2C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix} CH^3C^6H^4 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\R}}{C} - CH^2OH.$$

Il était intéressant, non seulement de préparer ces molécules dont la chaîne est très ramifiée, mais encore d'étudier leurs produits de déshydratation.

Dans la présente Note nous exposerons : la préparation de quelques éthers alcoylphénylacétiques, la réduction d'éthers diaryl et alcoyldiarylacétiques, et les transpositions moléculaires qui se produisent lors de la déshydratation des alcools primaires ainsi obtenus.

En ce qui concerne la préparation des alcoyltolylphénylacétates de benzyle, nous avons observé que les rendements sont beaucoup moins bons que ceux que l'on obtient en alcoylant le diphénylacétate de benzyle. L'introduction d'un radical CH^3 dans l'un des noyaux benzéniques modifie donc notablement les propriétés de l'atome d'hydrogène situé en α, vis-à-vis du groupe carboxyle.

Les éthers benzyliques des acides : diphénylacétique, *p*-tolyldiphénylacétique, α-α-diphénylpropionique, α-α-β-triphénylpropionique, ont été réduits et ont donné, avec d'excellents rendements, les alcools primaires

correspondants. Ces alcools ont été déshydratés et voici ce qui a été observé.

L'α-α-diphényléthanol et le *p*-tolylphényléthanol se déshydratent en subissant la transposition suivante :

$$\begin{matrix} CH^3C^6H^4 \\ C^6H^5 \end{matrix} \rangle CH - CH^2OH \rightarrow CH^3C^6H^4CH = CH - C^6H^5.$$

Il est à remarquer que cette migration de l'un des radicaux n'est pas la conséquence d'une nécessité structurale puisque l'atome de carbone, voisin de celui qui porte l'oxhydrile, possède un atome d'hydrogène libre. Cette transposition est à rapprocher de celle qui a été observée par Hepp [1] : le diphénylchloréthane, par élimination d'une molécule de HCl, donne le stilbène

$$(C^6H^5)^2CH - CH^2Cl - HCl \rightarrow C^6H^5CH = CH - C^6H^5.$$

Par perte d'une molécule d'eau, l'α-α-diphénylpropanol [2] donne naissance au méthylstylbène. La formation de ce carbure est donc accompagnée d'une migration du radical phényle

$$\begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle C - CH^2OH - H^2O \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle C = CH - C^6H^5.$$

Au cours de ce travail nous avons obtenu les composés suivants qui n'avaient pas encore été signalés.

p-Tolylphénylacétate de benzyle $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3C^6H^4 \end{matrix} \rangle CH - CO^2CH^2C^6H^5$. — Ce composé a été obtenu en traitant le tolylphénylacétate de sodium par le chlorure de benzyle. Il bout à 252° sous 12mm.

p-Tolylphénylbenzylacétate de benzyle $\begin{matrix} C^6H^5CH^2 \\ C^6H^5 \\ CH^3C^6H^4 \end{matrix} \rangle C - CO^2CH^2C^6H^5$. — Il résulte de la condensation du tolylphénylacétate de benzyle sur le chlorure de benzyle au moyen de NH^2Na. Ce produit distille à 265° sous 5mm et fond à 83-84°.

Acide p-tolylphénylbenzyle acétique. — Cet acide provient de la saponification de l'éther précédent. Il fond à 145-146°.

α-α(p)-Tolylphénylpropionate de benzyle $CH^3C \langle \begin{matrix} C^6H^4CH^5 \\ CO^2CH^2C^6H^3 \\ C^6H^5 \end{matrix}$. — Cet éther a

(1) Hepp, *D. Chem. Ges.*, t. 6, 1874, p. 1409.

(2) Nous avions terminé ce travail quand nous nous sommes aperçu que M. Korolef (*Journ. Soc. phys. chim. R.*, t. 50, 1918, p. 77) avait préparé et déshydraté cet alcool par une méthode tout à fait différente. Le carbure qu'il obtient est également du méthylstylbène. Nous nous réservons de faire un peu plus tard la critique de la méthode que ce savant a employée.

a été obtenu en méthylant, au moyen de l'iodure de méthyle et de l'amidure de sodium, le tolylphénylacétate de benzyle. Il bout à 254° sous 12mm et, par saponification, donne un acide fondant à 128°.

α-α-diphényléthanol $(C^6H^5)^2 = CH - CH^2OH$. — Obtenu par réduction de l'éther diphénylacétique au moyen du sodium et de l'alcool, ce composé bout à 190°-192° sous 12mm et fond à 61-62°.

α-tolyl-α-phényléthanol $\begin{matrix} CH^3C^6H^4 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>CH - CH^2OH$. — Cet alcool provient de la réduction du tolylphénylacétate de benzyle. Il bout à 194° sous 12mm et fond à 45-46°.

α-α-β-triphénylpropanol $\begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>C - CH^2OH$. — Ce produit est obtenu en réduisant l'éther benzyldiphénylacétique. Il distille à 232-235° sous 14mm et fond à 79°.

En résumé, nous avons montré : 1° que l'éther *p*-tolylphénylacétique est susceptible de donner des dérivés alcoylés quand on le traite par l'amidure de sodium et les halogénures d'alcoyles; 2° que les éthers diaryl et alcoylarylacétiques soumis à l'action du sodium et de l'alcool absolu conduisent aux alcools primaires correspondants; 3° que ces alcools primaires, quand on leur enlève une molécule d'eau, subissent, au cours de la déshydratation, des transpositions moléculaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des catalyseurs sur l'oxydation de l'acide urique : cuivre et urate cuivreux.* Note (¹) de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans deux Notes antérieures (²) j'ai indiqué les résultats d'expériences effectuées pour étudier :

1° La cinétique de l'oxydation spontanée de l'acide urique en présence de potasse caustique;

2° L'action sur cette réaction des hydrates de fer et de manganèse.

Ayant eu précédemment l'occasion d'utiliser le rôle catalytique du cuivre métallique (³), j'ai étudié son action dans le cas présent. J'ai pu constater un effet accélérateur important, tant avec le cuivre métallique qu'avec l'urate cuivreux.

Cuivre métallique. — Le cuivre employé est obtenu par précipitation au moyen du zinc en milieu acide. Très spongieux, il faut, après lavage à l'eau, à l'alcool et à l'éther, le sécher à l'abri de l'air pour éviter qu'il ne s'oxyde.

(¹) Séance du 27 octobre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 637 et 782.

(³) Voir L.-J. Simon et L. Piaux, *Passage de l'alanine à l'acide pyruvique par action directe de l'oxygène* (*Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1227).

La solution en expérience est la même que précédemment. Avec $\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{5}$ d'atome de cuivre par molécule d'acide urique, on observe :

1° Au début, une absorption rapide d'oxygène, tendant à s'accélérer peu à peu, sans que le cuivre paraisse attaqué. Cependant la solution se colore légèrement en rose.

2° Après un temps variant de 80 à 40 minutes, un changement *brusque* de la teinte du liquide, qui passe au gris, puis au vert, enfin au bleu. En même temps, l'absorption d'oxygène se ralentit considérablement et le cuivre entre peu à peu en solution sous l'influence simultanée de l'oxygène et de l'ammoniaque formée au début.

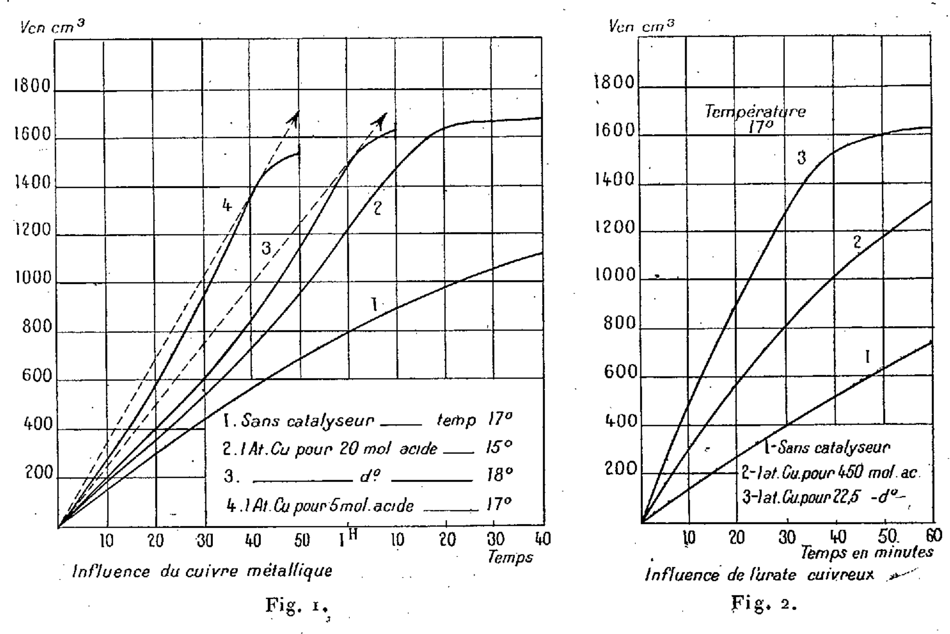


Fig. 1. Fig. 2.

Avec $\frac{1}{20}$ d'atome de cuivre et à 22°, 1350$^{cm^3}$ de gaz ont été absorbés en 40 minutes, puis seulement 50 dans les 10 minutes suivantes.

La vitesse moyenne d'absorption de l'oxygène pendant la première phase est de une et demie à trois fois plus grande que la moyenne des trente premières minutes de la réaction non catalysée. Ce rapport est du même ordre que celui que j'ai trouvé avec le lactate de manganèse.

De même la limite de l'oxydation est abaissée et corrélativement le liquide, additionné d'acide acétique et d'alcool, abandonne successivement de l'oxonate monopotassique et de l'allantoïne ([1]).

([1]) Pour isoler ces produits, l'expérience doit être arrêtée au moment où le liquide verdit, sinon tout le cuivre dissous est entraîné dans le précipité d'oxonate.

L'élévation de la température paraît favoriser la formation de l'allantoïne en abaissant la limite de l'absorption, mais le rapport d'accélération paraît ne pas varier, entre 15° et 22° du moins.

Les courbes représentées ci-contre résument et précisent les résultats énoncés (*fig.* 1).

Urate cuivreux. — On sait que par addition à une solution alcaline d'acide urique d'hyposulfite de sodium, puis de sulfate de cuivre, il se forme un précipité d'urate cuivreux blanc gélatineux très difficile à filtrer. Pour cette raison, j'ai été amené à effectuer la précipitation au sein du liquide en expérience. La figure 2 représente l'allure du phénomène.

Avec $\frac{1}{22,5}$ atome de cuivre introduit par molécule d'acide urique, l'oxydation est trois fois plus rapide qu'en l'absence de catalyseur. Le précipité verdit, puis tend à se dissoudre, quand l'absorption se ralentit.

Avec seulement $\frac{1}{450}$ d'atome de cuivre par molécule d'acide, l'oxydation est encore deux fois plus rapide qu'en l'absence de catalyseur, et la réaction pratiquement terminée après 2 heures.

Dans le premier cas je n'ai pu obtenir d'oxonate exempt de cuivre, mais la liqueur rendue acide a abandonné peu à peu de l'allantoïne.

Dans le deuxième cas, je n'ai obtenu que de l'oxonate de potassium, avec un rendement voisin de 50 pour 100 de la théorie.

Ces expériences montrent que le cuivre, soit à l'état métallique, soit à l'état d'urate cuivreux, est dans le cas présent un catalyseur actif d'oxydation. Grâce peut-être à son état colloïdal, l'urate cuivreux est proportionnellement beaucoup plus actif, à faible dose, que le cuivre métallique.

Elles paraissent confirmer les conclusions émises précédemment sur l'existence de deux stades successifs dans l'action de l'oxygène libre sur l'acide urique.

Ces recherches et celles qui ont fait l'objet des deux Notes antérieures seront décrites d'une manière plus détaillée dans un autre recueil.

TOXICOLOGIE. — *Recherche des poisons gazeux dans le sang.* Note (1) de M. E. Kohn-Abrest.

Les procédés préconisés jusqu'à présent ne répondaient pas suffisamment à la préoccupation du toxicologiste de pouvoir caractériser et doser rapidement, sans trop de complications et sur une seule prise d'essai du sang, à la

(1) Séance du 27 octobre 1924.

fois toutes les substances gazeuses, ou volatiles, dont la détermination présente de l'intérêt dans les expertises chimico-légales; notamment *alcool, hydrogène sulfuré*, *acide cyanhydrique*, *acide carbonique*, *oxyde de carbone*.

Cette préoccupation m'a conduit à l'élaboration de la méthode dont la description fait l'objet de cette Note. Je me propose très prochainement d'indiquer les résultats que l'application de cette méthode m'a déjà permis d'obtenir, ainsi que les voies nouvelles qu'elle ouvre à certaines études toxicologiques.

Le dispositif expérimental est, avec quelques modifications, celui que j'emploie depuis longtemps (1).

Le ballon de 400 à 500^{cm^3} à tubulure latérale est surmonté d'une boule B (ou d'un entonnoir) à robinet R avec un tube plongeant jusqu'au fond. Un rodage pratiqué au-dessous du robinet (à voie assez large) s'adapte au col également rodé. — La tubulure latérale à robinet R_1 est soudée au tube *condensateur* U se terminant en bas par une ampoule à capacité de 35^{cm^3}, à robinet R_2; le tube U est plongé dans un réfrigérant alimenté d'eau froide. Le barboteur F est constitué par un flacon (de 100^{cm^3}) relié aux autres parties de l'appareil par des raccords en verre mastiqués au Golaz. Dans le barboteur on introduit 20^{cm^3} de nitrate d'argent $\frac{N}{50}$.

L'appareil étant prêt, on fait le vide complètement, d'abord avec la trompe à eau, puis avec la trompe à mercure qui restera constamment en action; on plonge le ballon à demi dans un bain d'eau que l'on porte à 80-85°.

L'échantillon moyen de sang (2) (si possible 50^{cm^3}) est alors versé dans la boule B. On ouvre avec précaution le robinet R, et l'on introduit, sans la moindre trace d'air, en refermant à temps le robinet R, le sang dans le ballon chauffé. Il se produit une vive effervescence, le sang rutile, se boursoufle et retombe. Pendant cette très courte période, *l'hydrogène sulfuré*, *le cyanogène* et *l'acide cyanhydrique* se dégagent déjà et sont très visiblement et intégralement retenus par le nitrate d'argent.

On introduit alors avec les mêmes précautions dans le ballon un volume

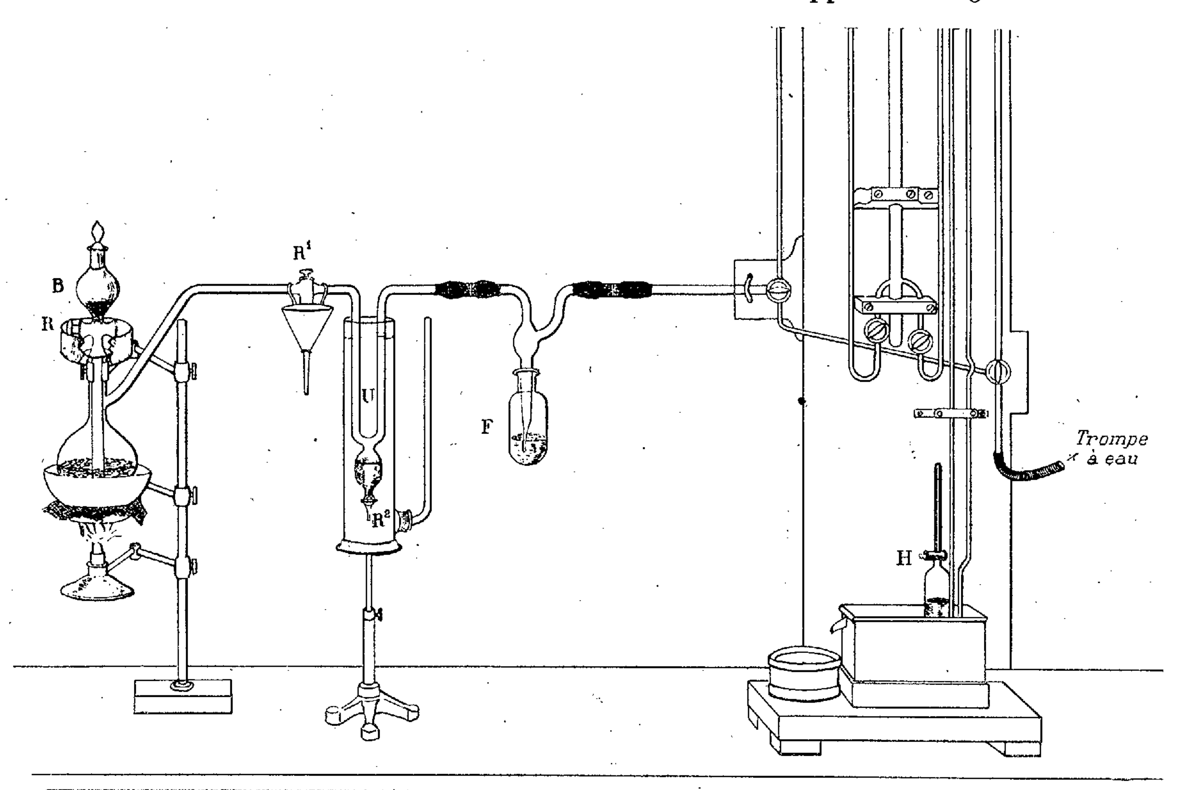
---

(1) Voir Ogier et E. Kohn-Abrest, *Traité de Chimie toxicologique*, t. 1, 2e édition, Paris, Doin, 1924.

(2) S'il se trouve contenir des caillots, ceux-ci passent avec facilité. Il est préférable toutefois de préparer un échantillon moyen en écrasant le mélange dans une passoire. Ce procédé très simple présente toutefois l'inconvénient d'oxygéner légèrement le sang.

de solution aqueuse saturée d'acide tartrique (ou phosphorique), égal au volume du sang. On poursuit l'extraction jusqu'à complet départ des gaz du sang, obtenu en 15 ou 20 minutes. Au cas où quelque mousse se produirait, on fermera pendant quelques minutes le robinet R.

Il est bon de protéger contre tout échauffement excessif la partie rodée et suiffée du col du ballon par du papier à filtre entouré de glace râpée, supportée par une collerette mobile en tôle. On protégera également ainsi le robinet latéral R[1], un entonnoir accroché au tube supportant la glace.



Lorsque la totalité des gaz s'est dégagée et que l'ampoule du tube U s'est remplie d'eau condensée, on arrête la trompe, ferme le robinet R[1], retire le réfrigérant, fait rentrer par le robinet R[2] du condensateur U de l'air bulle à bulle jusqu'à refus. On prélève alors : *l'eau condensée* (*a*) qui s'écoule; *le liquide* (*b*) du barboteur, et l'on porte l'éprouvette H contenant les gaz recueillis sur la cuve à mercure (*c*).

Quant au produit resté dans le ballon, il est facile de le prélever également sans rien démonter. Ce produit peut servir à la recherche des substances

toxiques non volatiles et des sulfocyanures [acide cyanhydrique « dissimulé » de Chelle ([1])].

Dans le liquide condensé *a*, on recherchera l'alcool dont la détermination présente souvent un intérêt médico-légal ([2]). Le liquide *b* contient éventuellement du *sulfure* ou du *cyanure d'argent* et si la réfrigération du condenseur n'a pas été suffisante, en partie l'alcool.

Le précipité est séparé par centrifugation. Une partie du liquide servira au titrage volumétrique de l'argent restant, une autre à la recherche complémentaire de l'alcool. Le précipité est analysé ([3]).

Les *gaz* recueillis sont analysés par la méthode classique.

L'application de cette méthode a déjà permis de suivre d'une façon très nette la formation de l'*hydrogène sulfuré* au cours de la putréfaction. Elle a d'autre part montré que du sang en contact avec du gaz d'éclairage fixe le cyanogène et l'acide cyanhydrique, que le gaz contient, actuellement, en proportion dépassant parfois 1 pour 5000 (volumes).

Enfin cette méthode résoudra facilement certains problèmes de toxicologie pratique, en permettant de faire une part plus exacte des effets de la putréfaction sur le sang.

LITHOLOGIE. — *Les roches éruptives de l'archipel de la Galite.* Note ([4]) de M. **Marcel Solignac.**

J'ai étudié récemment les roches éruptives que j'ai recueillies, en 1922-1923, dans l'archipel de la Galite et dont la venue se place entre la fin du Néonummulitique et le début du Sahélien.

([1]) J'ai constaté que de l'acide cyanhydrique dissimulé à l'état de sulfocyanure peut être rapidement dégagé dans l'appareil ci-dessus décrit, lorsque, suivant la méthode de Chelle (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 973), on a traité la solution picrique des sulfocyanures par du chromate de potassium et l'acide sulfurique.

([2]) V. Balthazard et Lambert, *C. R. Soc. Biologie*, t. 83, 1920, p. 173.

([3]) Voici quelques caractères spéciaux : *Sulfure d'argent :* précipité noir, insoluble dans HCl, dilué, décomposé au rouge par le nitrate de magnésie en présence d'un peu de magnésie, avec formation de sulfate. — *Cyanure d'argent :* précipité blanc, décomposé par l'acide chlorhydrique dilué en chlorure d'argent et en *acide cyanhydrique.* — Au cas d'un mélange de sulfure et de cyanure, traiter par HCl dilué, filtrer, séparer ainsi HCy. Quant au résidu, laver, épuiser par l'ammoniaque et séparer ainsi le *sulfure d'argent* insoluble.

([4]) Séance du 13 octobre 1924.

La plus ancienne de ces roches constitue le massif de la Garde : roche noire, aphanéritique, d'aspect andésitique, dans laquelle des phénocristaux d'orthose, de labrador, d'un plagioclase zoné (labrador acide à oligoclase-andésine), de biotite, d'augite, d'hypersthène, de magnétite, de grenat, sont noyés dans une pâte microgrenue montrant du quartz poecilitique. Sa composition chimique et la constitution virtuelle que l'on peut en déduire sont les suivantes :

	Pour 100.		Pour 100.
SiO^2	62,28	Quartz	22,74
Al^2O^3	18,93	Orthose	7,23
Fe^2O^3	1,87	Albite	26,72
FeO	4,67	Anorthite	23,63
MgO	2,39	Corindon	3,67
CaO	5,14	Hypersthène	12,00
Na^2O	3,19	Magnétite	2,55
K^2O	1,27	Ilménite	0,91
TiO^2	0,52	Apatite	0,67
P^2O^5	0,40		

C'est une *microdiorite quartzifère* (*microgranodiorite*) à biotite, pyroxène et grenats dont le symbole est 'II.4.3',4. A l'extrémité sud de la Garde, elle passe à une *akérite* à phénocristaux d'oligoclase, diopside, hornblende, augite, biotite.

Dans la partie de la Galite située à l'ouest du méridien de l'Oudjill et au Galiton, prédomine une phanérite claire passant au vert sombre presque noir (Galiton). A structure parfois aplitique, elle montre l'association de plagioclases (oligoclase et surtout andésine), avec de l'orthose, du quartz, de l'amphibole et de la biotite quelquefois chloritisées et épidotisées, de l'augite et de l'hypersthène. Très fréquemment, le plagioclase est zoné et, comme l'a montré A. Michel Lévy, en 1896, à répartition variable de la teneur en anorthite dans les zones. Ainsi un plagioclase zoné du Galiton, dont une section $g^1(010)$ montre cinq zones, désignées a, b, c, d, e, du centre vers l'extérieur, présente les variations suivantes pour les extinctions de chacune d'elles rapportées à la trace $p(001)$:

a	—29°	Bytownite à 75 pour 100 An	
b	—36°30′	Anorthite à 95	»
c	—20	Labrador à 58	»
d	—11	Andésine à 42	»
e	+ 3°35′	Oligoclase à 25	»

Le quartz, et, souvent, une micropegmatite remplissent les interstices des autres minéraux. Les analyses suivantes montrent qu'il s'agit d'une *diorite quartzifère* (*granodiorite*) :

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	TiO^2.	P^2O^5.
1.....	62,80 %	18,53	0,56	4,11	2,55	4,90	2,77	2,69	0,60	0,42
2.....	64,35 %	18,28	1,23	3,28	1,56	4,43	3,94	2,16	0,51	0,13
3.....	64,40 %	17,61	1,43	3,10	1,37	4,48	4,31	2,54	0,53	0,25
4.....	60,14 %	19,73	2,56	4,83	1,22	4,90	3,65	2,02	0,59	0,25

1. Diorite quartzifère aff. tonalite (est du Galiton). — 2. Diorite quartzifère à hypersthène du phare de Galiton. — 3. Diorite quartzifère aff. kersantite (ouest du Galiton). — 4. Diorite quartzifère à enclaves de la pointe Mistral (Galite).

D'où les compositions virtuelles et les symboles suivants :

	1.	2.	3.	4.
Quartz............	22,42 %	20,46	16,86	16,38
Orthose...........	16,12	12,23	15,01	12,79
Albite............	23,06	33,01	36,15	30,39
Anorthite.........	19,74	21,13	21,12	23,63
Corindon..........	3,77	1,84	-	2,86
Diopside..........	-	-	0,23	-
Hypersthène.......	12,37	8,12	7,11	8,68
Magnétite.........	1,01	1,86	1,85	3,71
Ilménite..........	1,22	0,91	0,91	1,22
Apatite...........	0,70	0,34	0,33	0,34
Symboles	(I) II.4.3.3 (4)	— I (II).4.3.4	— I (II) 4.3.4	— (I) II.4.3.4

Des enclaves de diorite quartzifère à pyroxène et de quartzites micacés (métamorphisme de grès néonummulitiques), ainsi que de petits filons d'aplite granitique se trouvent dans toutes les roches précédentes.

Dans la partie NE de la Galite et aux Canis, existe une roche claire, à phénocristaux de quartz généralement rongés d'orthose (atteignant parfois 12^{cm} de longueur), de plagioclases (andésine et plagioclase zoné allant de la bytownite à l'albite avec intercalations irrégulières de zones de labrador et d'andésine), de biotite, de chlorite et, accessoirement, de calcite, tourmaline et grenats avec ou sans kélyphite, le tout noyé dans une pâte microgranitique.

L'analyse chimique donne :

	Pour 100.		Pour 100.
SiO^2	67,93	d'où	
Al^2O^3	16,61	Quartz	29,52
Fe^2O^3	0,23	Orthose	20,57
FeO	3,71	Albite	23,05
MgO	1,49	Anorthite	9,73
CaO	3,00	Corindon	4,69
Na^2O	2,76	Hypersthène	9,64
K^2O	3,51	Magnétite	0,23
TiO^2	0,41	Ilménite	0,75
P^2O^5	0,88	Apatite	2,01

et la formule (I)II.(3)4.2.3. Il s'agit donc d'un *microgranite monzonitique* $\left(K^2O > Na^2O \text{ et } 0,6 < \frac{\text{orthose}}{\text{plagioclase}} < 1,6\right.$. On le rencontre, au sud de la Galite, en filon dans la microdiorite quartzifère de la Garde, avec enclaves d'un gneiss alcalin, très granitique (biotite et à sillimanite) et, à l'écueil Gallo, en massif avec enclaves d'une *diorite-gabbro micacée quartzique* à facies lamprophyrique et bytownite prédominante.

Il faut encore signaler un *granite monzonitique à biotite et amphibole* (Fauchelle), un *microgranite alcalin à grands cristaux pegmatiques* en filon dans la granodiorite à hypersthène du Galiton et déterminé par M. A. Lacroix, des *aplites de granite monzonitique* de formule I.'4.1'.3(4) (filons divers, aiguille de la Fauchelle), des pointements d'une *andésite à augite* chloritisée et calcifiée avec feldspaths zonés allant jusqu'aux approches de l'anorthite (côté sud de la Galite, Escueil de Pasque).

HYDROLOGIE. — *Les colloïdes et les eaux minérales*. Note (1) de MM. **E. Henrijean** et **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Étant donnée la grande instabilité de certaines eaux minérales, nous nous sommes proposés d'élucider à quoi cette instabilité est due : à une réaction chimique d'oxydation, à la présence d'un complexe moléculaire ou d'une substance à l'état colloïdal.

L'examen ultramicroscopique direct devait être écarté, car, soit le dégagement d'anhydrique carbonique, soit, après ce dégagement, la transforma-

(1) Séance du 13 octobre 1924.

tion des bicarbonates, empêcheraient de découvrir la présence des micelles colloïdales.

Nous avons choisi pour cette étude, d'un intérêt théorique général, l'eau minérale ferrugineuse de Spa, en appliquant à ces recherches les méthodes indirectes, déjà décrites par l'un de nous (¹).

Voici les résultats de nos investigations.

I. Nous avons démontré (²) que la conductibilité électrique des colloïdes augmente par la dilution. La dilution des colloïdes avec de l'eau distillée suffit, en effet, pour libérer les ions fixés par les micelles colloïdales. Le même phénomène s'observe de manière constante avec l'eau minérale étudiée :

	Naturelle.	Diluée de moitié.
Source *Pierre-le-Grand*...	$15{,}9.10^{-5}$	$9{,}9.10^{-5}$
Source *Prince-Condé*.....	$10{,}2.10^{-5}$	$5{,}6.10^{-5}$

II. Nous avons signalé que la conductibilité de certaines eaux minérales est difficile à établir (³); il est évident que, si la simple dilution de l'eau minérale met déjà des ions en liberté, cette mise en liberté sera d'autant plus grande sous l'influence du courant électrique. Le fait se renouvelle avec l'eau minérale ferrugineuse de Spa.

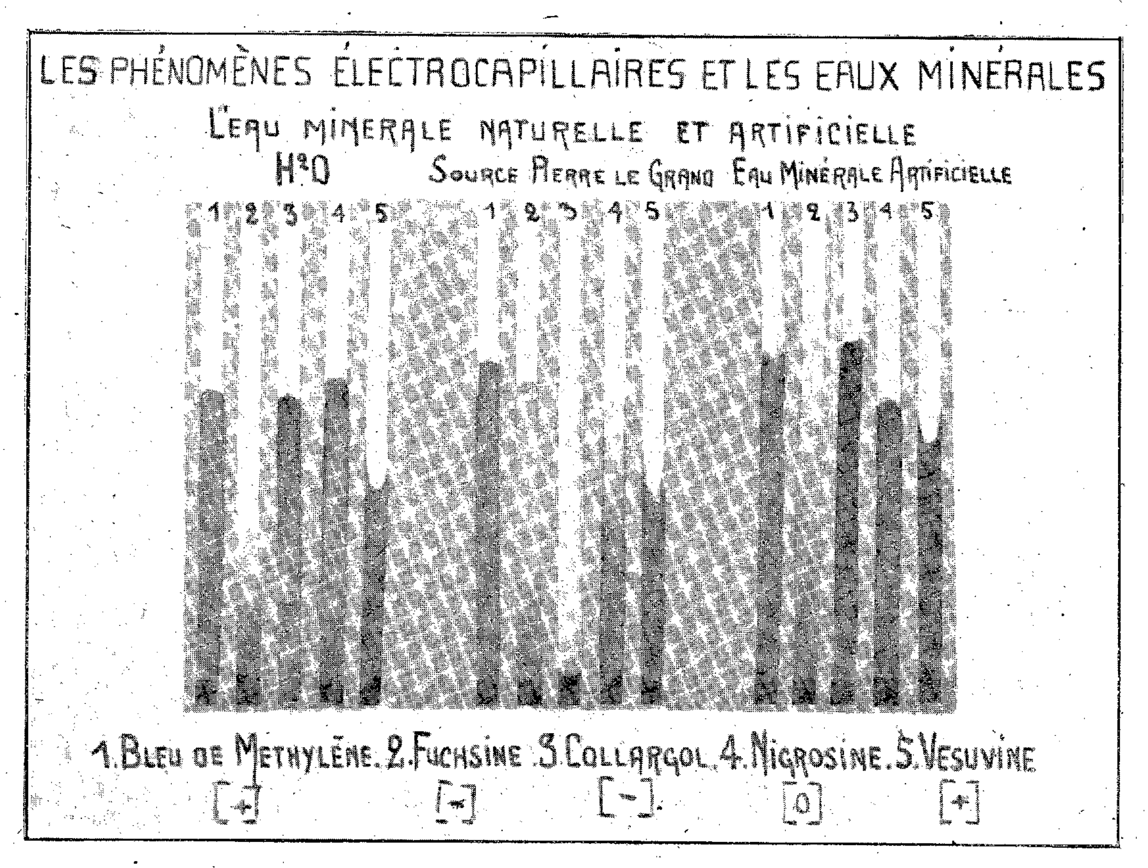
Voici à titre d'exemple une série de mesures, faites immédiatement l'une après l'autre, avec le même échantillon de l'eau de la Source *Prince-de-Condé*, à l'émergence : 700, 690, 660 et 630 (en ohms).

III. Nous avons effectué une série d'expériences sur la capillarisation des colloïdes colorés, de signes électriques différents, en présence d'eau distillée ou d'eau minérale; dans l'eau distillée les matières colorantes électronégatives (bleu diamine) accusent, dans une bandelette de papier filtre (gel électronégatif), une ascension égale à celle de l'eau distillée; au contraire, les colloïdes positifs (vésuvine) ont une ascension de beaucoup plus faible. Le phénomène inverse s'observe en présence de l'eau minérale : l'ascension des matières colorantes positives reste identique à celle que l'on observe, en les mélangeant avec l'eau distillée, alors que les colloïdes négatifs n'accusent aucune ascension. Ces faits ne peuvent s'expliquer qu'en admettant la présence dans l'eau minérale d'un colloïde électropositif.

Une expérience collatérale sur la capillarisation des colloïdes colorés en

(¹) W. Kopaczewski, *Congrès international d'Hydrologie de Monaco*, 1920, p. 257.
(²) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 628.
(³) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2117.

présence de l'eau minérale artificielle, de composition chimique identique à celle de l'eau naturelle, n'a rien montré de semblable (voir la figure).



IV. Les expériences sur la floculation de l'eau minérale nous ont révélé un fait des plus caractéristiques pour les réactions intercolloïdales, notamment la périodicité de la floculation. En ajoutant à une série d'échantillons de l'eau de la Source *Pierre-le-Grand* des quantités croissantes d'une solution aqueuse saturée d'iode, nous avons obtenu, alternativement, les floculations ou les redispersions des floculés formés.

V. La mesure directe de la pression osmotique (osmomètre en collodion) des colloïdes colorés, mélangés soit à l'eau distillée, soit à l'eau minérale, a démontré que celle-ci n'est pas influencée par l'eau minérale lorsqu'ils possèdent une charge électropositive ou lorsque la matière colloïdale est amphotère. Les mesures de la conductibilité électrique des mélanges, avant et après l'osmose, confirment que, dans le cas de colloïde électropositif,

l'appauvrissement en électrolytes est faible, tandis que dans le cas de matière colorante électronégative cet appauvrissement est beaucoup plus marqué.

Une fois encore, cette disparition s'explique par la floculation des colloïdes de signes opposés et l'adsorption consécutive des ions.

Toutes ces preuves expérimentales permettent d'affirmer *la présence d'un colloïde dans l'eau minérale ferrugineuse étudiée et, en raison de sa composition chimique, ce colloïde ne peut être qu'un hydrosol électropositif de fer.*

Observations au sujet de la Note ci-dessus,
par MM. D'ARSONVAL et **BORDAS**.

A l'occasion de la Note très intéressante ci-dessus j'ajouterai, au nom de mon collaborateur : M. Bordas, et au mien, ces quelques réflexions.

MM. Henrijean et Kopaczewski résument au début de leur Communication, les causes de la grande instabilité de certaines eaux minérales.

Cette instabilité serait due à des causes multiples, des réactions chimiques, la présence d'un complexe moléculaire ou à une substance à l'état colloïdal.

Les auteurs dans leurs recherches ont écarté l'examen ultramicroscopique direct par suite des modifications produites par les transformations des bicarbonates.

Les expériences que nous avons poursuivies à notre laboratoire de l'Institut d'hydrologie et de climatologie sur des eaux minérales ferrugineuses (salines de Moutiers) sur des eaux alcalines du Bassin de Vichy et du groupe de Saint-Yorre, dans le but de déterminer les causes initiales de la floculation au contact de l'air atmosphérique, nous ont permis de faire quelques observations intéressantes que nous développerons ultérieurement.

On sait que certaines eaux minérales déposent très rapidement des sédiments qui gênent considérablement la vente de ces eaux, d'où la nécessité, disent certains industriels, de décanter au préalable ces eaux avant de les livrer au commerce.

Nous avons constaté que cette véritable floculation se produisait de préférence dans des eaux dont la minéralisation totale présente des caractères particuliers et constants.

Certains auteurs ont préconisé le captage à l'abri de l'air et l'embouteillage sous anhydride carbonique afin d'éviter les oxydations ou les précipitations des bicarbonates avec entraînement moléculaire dont parlent MM. Henrijean et Kopaczewski.

Les expériences en cours semblent démontrer que ces opérations ainsi comprises permettent d'éviter la production *de dépôts* et par conséquent rendrait inutile l'opération tant critiquée de la décantation !

Pourtant les eaux minérales ainsi recueillies présentent cette particularité de ne plus floculer lorsqu'elles sont abandonnées à elles-mêmes au contact de l'air.

Il semble donc que la floculation ne soit pas due exclusivement à une rupture d'équilibre provoquée par le dégagement d'anhydride carbonique et peut-être que, devant cette stabilisation spéciale, l'examen à l'ultra-microscope permettrait de découvrir la présence de micelles colloïdales.

SISMOLOGIE. — *Sur les tremblements de terre observés en France au cours de l'année* 1923. Note de M. **E. Rothé** et Mme **A. Hée**, présentée par M. Bigourdan.

D'après les renseignements macrosismiques parvenus au Bureau central sismologique français, 15 tremblements de terre ont été ressentis en France en 1923, nombre supérieur à la moyenne généralement observée. Comme les années précédentes, les plus importants se sont produits dans les Pyrénées, dont la séismicité mérite actuellement une attention spéciale; et ce sont les seuls qui aient donné lieu à des inscriptions dans les observatoires.

Région de l'Ouest. — 1° 11 avril, 20h20m, *Manche*, au sud de la partie occidentale de la presqu'île du Cotentin ; le littoral a été secoué depuis Granville (arrondissement Avranches) sur une longueur de 28km vers le nord ; direction générale des secousses S-N, bruit de tonnerre, degré IV, à Granville, V à Bréville. — Terrain de Phyllades de Saint-Lô en partie recouverts d'alluvions.

2° 5 juillet, 7h15m, *Maine-et-Loire*, les deux rives de la Loire ont été affectées, IV à V, jusqu'à une quinzaine de kilomètres, en particulier à la Pommeraye, Montjean (arrondissement Cholet) sur la rive gauche; à Saint-Georges, Bécon (arrondissement Angers) sur la rive droite. — Terrain de schistes et de grès.

[Il y a lieu de rapprocher de ce séisme celui du 11 août 1921 dans la région de Saumur : dix ans auparavant une secousse assez violente s'était produite dans les coteaux de tuffeau de Saint-Clément.]

3° 16 septembre, 2h, *Côtes-du-Nord*, Paimpol, Kérity, Ploubazlanec (arrondissement Saint-Brieuc).

4° 5 décembre, *Morbihan* (presse).

5° 26 novembre, 22h 10m, *Ardèche*, arrondissement Privas, Teil, SW-NE, alluvions modernes de la vallée du Rhône, IV.

Région du Sud-Est. — 6° *Alpes-Maritimes*, arrondissement Nice, Sospel, N-S, 2 s.

7° 5 août, $10^h 30^m$, *même localité*, secousse sussultoire.

8° 11 septembre, $4^h 20^m$, *Hautes-Alpes*, Briançon, NE-SW, 4 s., V, secousse verticale, III à Monêtier-les-Bains; alluvions modernes.

[A rapprocher du séisme de mai 1921 qui avait donné lieu à des inscriptions importantes dans quelques observatoires.]

9° 8 décembre, $22^h 22^m$, *Basses-Alpes*, arrondissement Forcalquier, Manosque, IV à V, W-E.

Région de l'Est. — 10° 4 mars, $20^h 45^m$, *Haut-Rhin*, massif du Kaisersberg; l'effet le plus important, IV à V, a été ressenti aux environs de la ligne Turckheim-Katzenthal (arrondissement Colmar), par où passe la grande faille vosgienne suivant Regelman. D'après l'enquête faite sur place, la vallée de la Fecht a été affectée jusqu'à Munster; un fort bruit a été entendu jusqu'au sommet des Vosges : Trois-Épis, Lac Noir.

11° 16 décembre, *Vosges* et *Haute-Saône*, région voisine de Plombières, 2 secousses successives de 2 à 3 s., III à IV; Bains-les-Bains (arrondissement Remiremont), IV; Aillevilliers (arrondissement Lure), IV. La région a été autrefois sujette à des séismes importants, notamment en 1682; les chroniques rapportent que des fumées d'odeur bitumineuse s'échappaient des fissures; les sources de Plombières se troublèrent et émirent des vapeurs d'une façon inaccoutumée; les habitants campèrent dans la campagne.

Région des Pyrénées. — 12° 10 juillet, $5^h 33^m$, ressenti dans le *sud-ouest de la France*. L'épicentre se trouve en *Espagne*, dans la partie centrale des Pyrénées, au nord de la province Huesca, dans la région du « Canal de Berdun », au confluent de l'Aragon et du Véral [1]; de part et d'autre de l'Aragon se trouvent des failles parallèles au fleuve, coupées transversalement par une troisième faille un peu à l'ouest de Berdun; des dégâts se sont produits en Espagne, à Martès et à Mianos (Huesca), VIII à IX; la secousse a été ressentie jusqu'à Barcelone et Bilbao.

En France ce séisme a été plus remarquable par l'étendue de la surface secouée que par son intensité même; il a été ressenti (III) jusque dans la Haute-Loire, dans la Gironde et fut encore intense dans les Landes. C'est dans les hautes vallées de l'Adour et du Gave de Pau que le degré a été le plus élevé (V); des objets ont été renversés dans l'Observatoire du Pic-du-Midi et en diverses autres localités. Une enquête détaillée dans les départements limitrophes sera publiée dans les bulletins du Bureau central sismologique français.

13° 2 octobre, 2^h, *Hautes-Pyrénées*, Argelès-Gazost, ébranlement (le même séisme aurait été observé la nuit suivante; cette localité est fréquemment le siège de secousses).

14° 15 novembre, secousses à Hasparenn, *Hautes-Pyrénées* (arrondissement Bayonne).

15° 19 novembre, $3^h 55^m$: ce tremblement est, comme celui du 10 juillet, remarquable par l'étendue de la surface secouée; le degré III a été observé dans toute la région du

---

(1) Alfano Rey Pastor, *Fenomenos sismicos in la « Canal de Berdun »*, 1923 (*Bol. real Sociedad Espanola de Hist. nat.*, t. 24, 1924, p. 79 à 95).

Sud-Ouest jusque dans les départements éloignés, comme l'Aveyron, mais il en diffère à beaucoup de points de vue : l'épicentre est encore en Espagne, mais dans une région différente, où des dégâts assez importants ont été observés au nord du massif de la Maladetta; la secousse a été aussi fortement ressentie en Catalogne; en France, c'est dans les hautes vallées de la Garonne et de l'Aure qu'il a produit l'effet le plus intense, mais il y a eu des lézardes dans quelques murs jusque dans les cantons de Pouyastruc et de Rabastens (arrondissement Tarbes); l'enquête a porté sur tout le bassin de la Garonne et les départements limitrophes; une étude détaillée de ces deux séismes pyrénéens sera publiée ultérieurement.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de l'urée, employée comme engrais, sur la réaction du sol.* Note de M. **Ch. Brioux**, présentée par M. Lindet.

Il est actuellement d'opinion courante, dans les milieux agricoles, que l'urée employée comme engrais n'est pas décalcifiante et n'a aucune action sur la réaction du sol, contrairement à ce qui se produit pour le sulfate d'ammoniaque.

Cependant l'urée, se dédoublant rapidement en carbonate d'ammoniaque, fixé par le pouvoir absorbant, doit agir comme un engrais ammoniacal qui, par sa nitrification ultérieure, donnera une dose correspondante d'acide nitrique qui se saturera aux dépens des bases du sol.

Théoriquement, l'urée doit donc être considérée comme un engrais d'abord alcalinisant, puis finalement acidifiant, à un moindre titre cependant que les sels ammoniacaux, sulfate ou chlorure, qui agissent également par leur radical acide, qui fait double décomposition avec le carbonate de chaux.

Les essais suivants effectués sur une terre légèrement acide, de $P_H = 6,45$, confirment cette manière de voir.

500g de cette terre, tamisée et sèche, furent humidifiés à l'aide d'une certaine quantité d'eau distillée contenant en solution 0g,5 d'urée; après mélange aussi parfait que possible, la terre, d'une humidité d'environ 18 pour 100, fut abandonnée à la température du laboratoire.

A intervalles rapprochés, le P_H du sol fut déterminé par la méthode électrométrique, et en même temps, sur la solution filtrée et limpide obtenue en traitant 10g de terre par 15cm³ d'eau distillée, on recherchait la réaction de l'urée par le xanthydrol, et celle de l'ammoniaque par le réactif de Nessler.

Voici les résultats obtenus :

	Action du xanthydrol.	Action du réactif de Nessler.	P_H du sol.
Aussitôt après le mélange....	Précipité très abondant	Couleur jaune citron.......	6,55
Après 3 heures............	id.	Couleur jaune rouille......	6,7
» 5 »	»	»	6,85
» 7 »	»	»	7,1
» 18 »	Précipité assez abondant = 1/4	Précipité couleur rouille....	8,0
» 24 »	Précipité très faible	Précipité très abondant.....	8,3
» 48 »	Aucun précipité	id.	8,5
» 15 jours	»	id.	8,0

Nous constatons que le dédoublement de l'urée en carbonate d'ammoniaque par les ferments du sol est très rapide, puisque après 24 heures, le xanthydrol ne donne plus qu'un précipité très faible de dixanthylurée, et qu'après 48 heures, il n'y a plus aucun précipité, tandis que le réactif de Nessler indique une formation abondante d'ammoniaque.

D'autre part, la concentration en ions H commence à varier après 3 heures; le sol, d'abord légèrement acide ($P_H = 6,55$), est devenu neutre après 7 heures ($P_H = 7,1$), puis s'alcalinise et devient même assez fortement alcalin après 48 heures ($P_H = 8,5$).

Ce P_H étant défavorable à une nitrification rapide, nous avons mis en route d'autres essais effectués sur le même sol, mais avec une dose d'urée sensiblement plus faible; de plus, deux autres lots de 500g de terre furent additionnés l'un de sulfate d'ammoniaque, l'autre de nitrate de soude, à dose égale d'azote, soit 0g,1 pour 500g de terre, de façon à comparer leur action à celle de l'urée. L'humidité du sol était maintenue à 18 pour 100 environ.

La détermination du P_H des divers lots de terre donna les résultats suivants du 2me au 76me jour après le mélange (moyennes de plusieurs déterminations).

	Avec urée 0g,220.	Avec sulfate d'ammoniaque 0g,500.	Avec nitrate de soude 0g,660.
Avant le mélange..........	$P_H = 6,45$	$P_H = 6,45$	$P_H = 6,45$
Après 2 jours..............	7,6	6,9	6,85
» 35 jours..............	6,25	6,2	6,8
» 50 jours..............	5,7	5,4	6,6
» 62 jours..............	5,35	5,2	6,6
» 76 jours..............	5,35	5,1	6,55

Comme pour le précédent essai, la terre avec urée est devenue nettement alcaline après 48 heures; mais, après 35 jours, une partie de l'ammoniaque

formée a déjà nitrifié, et la concentration en ions H est légèrement supérieure à ce qu'elle était au début de l'essai; après 76 jours, la terre est devenue assez fortement acide, avec une différence de P_H égale à 1,1 par rapport à la terre primitive.

Le sulfate d'ammoniaque diminue légèrement, au début, la concentration en ions H, puis, par la suite, l'augmente un peu plus que l'urée. Par contre, le nitrate de soude change peu la réaction du sol, avec tendance à diminuer, au début, la concentration en ions H.

A la fin des essais, l'acidité des divers lots de terre exprimée en chaux, d'après la méthode de Hutchinson, était de :

	Pour 1000.
Terre témoin	0,28
Terre avec urée	0,43
Terre avec sulfate d'ammoniaque	0,53
Terre avec nitrate de soude	0,15

En résumé, il ressort nettement de ces essais que l'urée, utilisée comme engrais, agit d'abord sur la réaction du sol comme le ferait un alcali, par suite de son dédoublement rapide en carbonate d'ammoniaque; mais au fur et à mesure que ce dernier nitrifie, son action devient nettement acidifiante, comme celle des autres engrais ammoniacaux, qui agissent en plus par leur radical acide.

PHYSIOLOGIE. — *Marche de la coagulation vitale.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

On a montré, par l'exemple de la coagulation du lait entre autres [1], que si l'agent coagulant est en *masse suffisante*, soit 1g d'acide citrique par 153g de lait, — rapport 6,53 pour 1000 —, alors *toute l'émulsion se coagule vite.*

Le coagulum ainsi formé exsude lentement de l'eau; il se déshydrate et devient consistant; donc il diminue de poids. Et l'allure du phénomène est une courbe qui descend asymptotiquement.

Il était intéressant de considérer des *masses insuffisantes* de l'agent coagulant, en prenant, pour les 153g de lait (150cm³ de densité 1,02), des poids d'acide citrique égaux à 0,20 — 0,40 — 0,60 et 0,80 gramme, soient les rapports : 1,3 — 2,6 — 3,9 et 5,2 pour 1000.

(1) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 522.

On a employé du *lait de vache* trait à l'heure de l'expérience; nous noterons, en passant et sans pouvoir l'expliquer, que ce lait se coagule *moins régulièrement* que celui de chèvre.

Deux séries d'expériences ont donné ce résultat que l'agent coagulant, s'il est en quantité insuffisante, ne produit qu'un *effet limité*. Les particules colloïdales s'agglomèrent et grossissent mal. En filtrant sur toile, le liquide qui passe est d'abord du lait presque pur, puis le filtrat se fait plus aqueux. On recueille sur la toile; grumeaux, trabécules, ou morceaux de coagulum.

L'examen des coagulums montre que *leur poids est proportionnel à celui de l'agent coagulant*. En outre, leur consistance augmente avec le temps. Et, au contraire de la marche décroissante, on a ici une *courbe ascendante* révélant une opération progressive.

Nos deux séries d'observations étant concordantes, nous décrirons seulement la première.

On met donc 153g de lait dans chacun des six verres où l'on a introduit 0,20 — 0,40 — 0,60 et 0,80 gramme d'acide citrique, ce qui fait quatre expériences. Les verres sont maintenus à 40°. Coagulums et filtrats sont pesés de verre en verre au bout de 45, 60, 75, 90, 105 et 120 minutes. Voici les chiffres :

Poids d'acide acétique.								
0g,20.		0g,40.		0g,60.		0g,80.		
Poids du		Poids du		Poids du		Poids du		Temps en minutes.
Coag.	Filtrat.	Coag.	Filtrat.	Coag.	Filtrat.	Coag.	Filtrat.	
g 9	g 144	g 18	g 135	g 32	g 121	g 42	g 111	45
9	144	19	134	32	121	44	109	60
13	140	20,5	132,5	33	120	46	107	75
14,5	138,5	22	131	36	117	54	99	90
15,5	137,5	22	131	36	117	64	89	105
15,5	137,5	24,5	128,5	36	117	66	87	120

Très nettement, on voit *l'influence de la masse* de l'agent coagulant plus marquée, plus rapide aux fortes doses.

En regard de ces résultats, plaçons les valeurs de *l'abaissement capillaire* dû à l'acide citrique :

Solution d'acide citrique à 1,3 — 2,6 — 3,9 — 5,2 et 6,66 pour 1000;
Tension superficielle à 40° : 62 — 59 — 57 — 56 et 55 mg/cm,

la tension de l'eau pure étant 71 mg/cm.

Il y a donc *parallélisme*, une fois de plus, *entre l'abaissement de la tension superficielle du milieu et le poids de la substance coagulante*.

Observations. — 1° La surface du lait, soumis à ce *travail intérieur* de coagulation, montre la pellicule habituelle, mais plissée en éventail. Les plissements se font et se défont sans cesse, et leur profondeur s'accroît quand les trabécules grossissent.

2° Aux doses élevées, le coagulum est bien cohérent, et *son poids est fonction du temps*.

3° La naissance d'un coagulum, étudiée sur minces couches de lait en présence de grains d'acide citrique, est instructive. Tout d'abord, il se forme des *glomérules* autour des particules, des ions coagulants, et ces glomérules se déforment, s'attirent, *les petits allant vers les gros*, tandis que de minuscules filets liquides s'en détachent à la périphérie. Il en résulte, finalement : grumeaux, trabécules et coagulums.

Ces étapes marquent la « gélatinisation » du colloïde biologique; *ses éléments ne se déshydratent qu'après s'être joints*. Desséchons-les par *l'éther*; ils perdront la propriété de s'agglomérer, et l'on obtient une solution éthérée à grains invisibles. Reprenons par l'*alcool*; celui-ci retient l'éther, une partie de l'eau redevient libre, et des glomérules se montrent, plus ou moins soudés. Nous avions constaté cette réversibilité sur l'empois d'amidon ([1]).

Conclusion. — La coagulation vitale, due aux acides, alcools, métaux lourds solubles, toxines, venins, même graisses, est fonction du *poids* de ces agents coagulants, et du *temps*.

A faible dose on observe une lente, très lente évolution du colloïde, *un effet limité, localisé*, et généralement réversible.

A dose plus forte, l'évolution s'étend et s'accélère rapidement.

Tous les agents de coagulation et de vieillissement de la matière vivante se comportent de la même façon, sous réserve des différences de *diffusion*. En petites quantités, ils ne retirent pas à l'organisme ses moyens de défense, principalement la *viviréaction oxydante* ([2]). En quantités élevées, ou par une action prolongée, *ils vieillissent précocement les tissus*, et menacent les fonctions de la Vie. Le séjour dans une atmosphère toxique, ou encore une alimentation mal comprise, ont ce même effet.

([1]) JULES AMAR, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1317.

([2]) JULES AMAR, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 921 et 1021.

PHYSIOLOGIE. — *Main artificielle ou appareil de remplacement pour les amputés de la main* (¹). Note de M. **Gabriel Bidou**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans deux Notes antérieures (²) j'ai décrit divers instruments susceptibles de donner une base scientifique à la méthode de récupération fonctionnelle et d'obtenir avec précision, soit par des mesures géométriques de longueurs et d'angles, soit par des mesures dynamométriques d'efforts musculaires, les données des appareils de prothèse destinés aux mutilés et amputés.

Les mêmes principes, appliqués au cas particulièrement important et difficile des amputés de la main, m'ont permis de construire une main artificielle, qui joue le rôle d'un appareil de remplacement pouvant être adapté à un moignon d'avant-bras, que celui-ci ait été cinématisé ou non.

Description. — Cette main se compose (voir la figure) d'un mécanisme moteur et de trois groupes de doigts : un pouce, un groupe index et majeur et un groupe annulaire et auriculaire. Ces trois doigts comportent des phalanges articulées et sont orientés à l'instar des mors d'un mandrin de tour. L'amputé peut ainsi prendre les objets par une pression exercée en trois points, ce qui assure une bonne préhension. Ces trois doigts peuvent donner un serrage indépendant et se mouler sur l'objet suivant sa forme.

Le mécanisme moteur et les commandes des doigts sont contenus dans l'intérieur de la main et des doigts eux-mêmes. Le carter extérieur est en métal coulé d'après le moulage de la main et la surface interne est munie de bourrelets plastiques convenablement profilés. Du poignet sortent deux *câbles*, destinés l'un à armer le mécanisme auxiliaire, c'est-à-dire à ouvrir les doigts d'une extension plus ou moins grande à volonté, et l'autre à déclancher le mécanisme, c'est-à-dire à fermer les doigts sur l'objet à prendre. Le poids total d'une main normale est d'environ 450ᵍ.

Le mécanisme de cette main artificielle se compose essentiellement d'un ressort spiral moteur, enfermé dans un barillet qu'il actionne. On donne une fois pour toutes une tension voulue à ce ressort, tension calculée selon les besoins habituels de l'amputé et pouvant être modifiée à volonté.

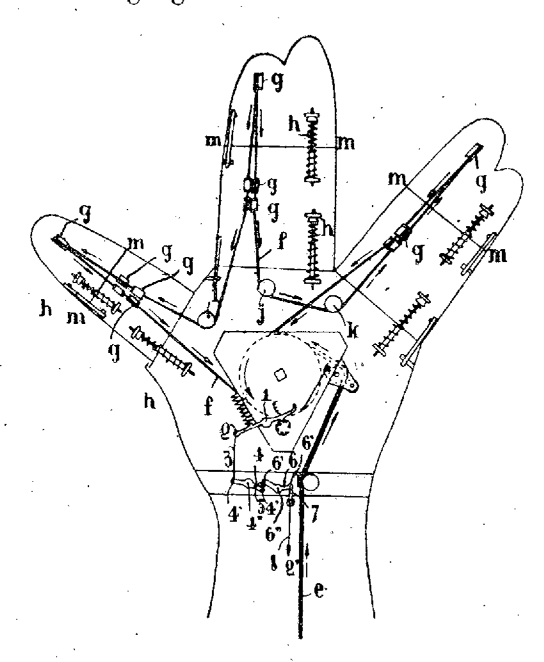
La périphérie de ce barillet est divisée en gorges, sur lesquelles se fixent

(¹) Breveté s. g. d. g. en France.

(²) *Compas d'orientation du pied* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1370); *Musculomètre artificiel* (*Ibid.*, p. 1564).

et s'enroulent le câble de commande des doigts et celui de commande auxiliaire du moteur. Le mutilé exerçant une traction sur ce dernier câble détermine, par la révolution du barillet, une tension additionnelle plus ou moins grande du ressort spiral.

Le câble de commande des doigts est unique. Il s'attache donc dans une des gorges du barillet et passe dans le pouce de la main, guidé par des poulies de renvoi, de là se dirige vers le groupe index et médius, où il chemine guidé par des poulies semblables, revient vers la paume de la main, pénètre dans le troisième groupe annulaire-auriculaire, en descend et vient se fixer dans la deuxième gorge du barillet.



Si l'on vient à exercer une traction sur ce barillet, on en détermine la révolution, ce qui raccourcit par enroulement le câble des doigts et les ferme successivement dans l'ordre : pouce, petit doigt, index. Ces trois doigts, orientés d'une façon convenable, viennent se rencontrer en un même point. Si l'un des doigts est arrêté par une résistance, les autres continuent le mouvement.

Il faut exercer sur ce câble de commande une traction donnant un déplacement de 8^{cm} avec une force de $3^{kg},200$, correspondant à un tour de barillet, pour ouvrir les doigts au maximum d'extension.

En revanche, une traction de 3^{mm} de déplacement et d'une force de 40^{g},

exercée sur le petit câble de démarrage, détermine la flexion des doigts. La brutalité de fermeture est amortie par un moulinet compensateur. La force de préhension des objets est de 2^{kg}.

Fonctionnement. — La main est fixée à un appareil de prothèse quelconque composé d'une gouttière de bras articulée. Le câble de commande s'attache au niveau de la face antérieure et supérieure du bras, passe en réflexion sur une poulie d'avant-bras et vient à la main. Ce câble est réglé de façon telle que dans l'extension de l'avant-bras sur le bras sa course soit de 8^{cm}. L'amputé est donc maître du degré d'ouverture des doigts par l'amplitude de l'extension plus ou moins grande de l'avant-bras sur le bras et une fois les doigts ouverts au degré voulu, ils restent dans cette position d'ouverture, alors même que l'amputé remuerait l'avant-bras en le rapprochant du corps. Ce n'est que s'il augmente l'extension de l'avant-bras qu'il augmentera le degré d'ouverture des doigts.

L'amputé ayant donné aux doigts de la main artificielle le degré d'ouverture voulu, entoure, avec les doigts écartés l'objet à saisir. Il lui suffira pour prendre l'objet d'exercer une faible traction sur le lien de démarrage. Cette traction peut être produite par une rétraction musculaire du bras auquel le lien est relié, ce qui est le cas du moignon cinématisé, ou par un léger déplacement d'une partie quelconque du corps de l'amputé, ou par la contraction (globulisatrice) d'un groupe musculaire quelconque.

Les doigts se refermeront alors sur l'objet. Pour lâcher la prise, il suffira de répéter en partie la première manœuvre d'extension de l'avant-bras pour que les doigts s'entr'ouvent de la quantité nécessaire.

En résumé, la main de remplacement que nous présentons permet à un amputé, après une rééducation rapide, d'acquérir un automatisme de fonctionnement presque complet, du fait que les mouvements de commande dans les deux sens sont simples et peuvent être exécutés par le membre lui-même. S'il faut un effort de 3^{kg} avec un déplacement de câble de 8^{cm}, pour armer la main, en ouvrant les doigts en extension complète, il ne faut plus, en revanche, que 40^{g} d'effort et 3^{mm} de course exercés sur le câble démarreur, pour obtenir la fermeture des doigts avec une force préhensive effective de 2^{kg}.

SEXUALITÉ. — *Sur une réaction de l'hormone testiculaire.* Note de M. E. LAGRANGE, présentée par M. F. Mesnil.

Le problème de l'action physiologique des hormones sexuelles a été abordé par la très grande majorité des expérimentateurs par les méthodes d'ablations et de greffes d'organes.

Les résultats obtenus peuvent se ramener à deux propositions principales : il y a antagonisme entre les deux sécrétions mâles et femelles, ou au contraire, il n'y a nul antagonisme, les deux sécrétions pouvant s'exercer simultanément.

D'autre part, dans un tout autre ordre d'idées, plusieurs chercheurs ont eu l'idée d'injecter des spermatozoïdes ou des extraits de testicules à des mâles ou à des femelles, mais tous à ma connaissance ont recouru à la théorie des anticorps pour expliquer les réactions sériques et même la stérilité observée chez la femelle. La question ainsi considérée est complexe de par la diversité des produits injectés.

Parti d'une idée relative à l'immunité, je suis arrivé à rattacher les résultats notés ci-dessous à des actions d'hormones.

On injecte à des lapines adultes des extraits frais de testicule de lapin (sur la préparation desquels il y aura lieu de revenir) représentant au total de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{5}$ de testicule, en injections successives sous-cutanées, sous-péritonéales ou intraveineuses [1]; au bout de quelques jours, à défaut de toute autre manifestation psychique, physiologique ou anatomique :

1° On observe l'atrophie et la décoloration des ovaires. Alors que dans les séries témoins (race de Shanghaï de petite taille), on obtient, pour les deux ovaires, des poids variant de 125 à 800^{mg} (moyenne de 200 sans corps jaunes et de 400 avec corps jaunes), on trouve chez les sujets traités de 37 à 130^{mg}, suivant le temps écoulé et l'intensité du traitement.

2° La stérilité s'établit de 15 à 20 jours après le début du traitement et se prolonge jusqu'à 6 mois et demi.

3° Si la femelle est fécondée avant l'expérience, surtout pendant la première moitié de la gestation, on n'observe aucune de ces réactions et la gestation se poursuit parfaitement.

4° Il y a atrophie des corps jaunes; en comparant des femelles à un

---

(1) Le nombre de lapines observées a été de 40 non compris les témoins.

même intervalle après la fécondation (c'est-à-dire après la formation des C. J.), on constate, chez les sujets traités, une disparition beaucoup plus rapide des C. J. que chez les témoins, au point qu'il n'en reste pas trace au moment de la mise bas.

Ces phénomènes sont transitoires et ont disparu après quelques mois, les ovaires ayant repris leur volume normal et la femelle redevenant féconde.

Il semble qu'il faille rapprocher ces faits de la théorie du « free-martinisme » de Fr. Lillie (1).

On sait que, chez les bovidés, quand il existe deux jumeaux, de sexe différent d'après les caractères externes, la femelle est stérile et présente des organes génitaux internes mâles; le fait est dû, d'après cet auteur, à l'action de l'hormone mâle qui, apparaissant la première, agit sur les organes femelles, grâce à une anastomose artérielle entre les deux fœtus. A côté de cette déviation du caractère sexuel primaire, on constate une indifférence complète des caractères sexuels secondaires externes.

Dans les expériences présentes, on observe de même une sensibilité du caractère sexuel primaire à des doses incapables de modifier les caractères sexuels secondaires.

L'ovaire constitue donc un réactif très sensible de l'hormone testiculaire, qui, ici comme dans les expériences de Lipschütz et de ses collaborateurs (2), semble antagoniste de l'hormone femelle.

Si l'on reprend l'expérience sur la lapine avec des extraits analogues à partir de testicules d'espèces étrangères (mouton, chien), on n'observe aucun des phénomènes sus-indiqués, ce qui impose une toute autre conclusion que celle que Lipschütz vient de tirer de ses expériences d'hétérogreffes.

En effet, grâce à la méthode si simple des injections d'extrait, il faut conclure que, chez les mammifères, les hormones sexuelles, à l'encontre des autres hormones, présentent une spécificité zoologique, fait d'autant plus intéressant qu'il est admis que les hormones ne sont pas des albuminoïdes.

---

(1) Fr. R. Lillie, *The theory of the free-martin* (*Science*, nouvelle série, vol. 43, 1916, p. 611-613; *Journal of Experimental Zoology*, vol. 23, 1917, p. 371-452).

(2) Lipschütz, *C. R. Soc. de Biologie*, t. 89, 1923, p. 1135, et t. 90, 1924, p. 1141. — Lipschütz et Voss, t. 91, 1924, p. 870.

HÉMATOLOGIE. — *Nouvelles précisions sur la cytohématogenèse.* Note [1] de **L.-M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Dans des Notes antérieures [2] j'ai précisé que l'interprétation donnée à un certain nombre de structures morphologiques de la cellule hématique n'était pas exacte, parce que ces structures ne représentent pas les caractères spécifiques ni d'une cellule propre de la moelle osseuse, ni des organes lymphatiques, pas plus que ceux d'une cellule qui doit se différencier en myélocyte, en érythrocyte ou bien en lymphocyte respectivement. En revanche, la plupart de ces structures obtenues artificiellement par une même méthode, par exemple celle de dissociation et de coloration panoptique, paraissent signifier que le complexe protéique de la cellule hématique, comme celui de beaucoup d'autres cellules, se modifie dans son état physico-chimique pendant le processus d'accroissement de la cellule, de son vieillissement et de sa dégénérescence, ainsi que pendant certaines fonctions dites spécifiques. J'ai constaté chez un certain nombre de Métazoaires, et non seulement chez l'Homme et quelques autres Vertébrés, que l'hémohistoblaste à un moment donné se libère de ses connexions, devient plus ou moins rond et reste isolé dans le même milieu pendant un temps indéterminé et pour se fixer de nouveau ou bien pour passer dans le sang en restant rond et libre. Soit fixe, soit pendant sa libération, soit encore isolé et arrondi, son noyau se modifie à partir de son état de repos apparent durant le processus de son accroissement, de sa maturation, etc. et son cytoplasme suit ce processus et se divise ou non. Lorsque la cellule ne se divise pas, le noyau continue à se montrer comme constitué par des travées qui deviennent de plus en plus grossières sans former toujours un réseau net; les nucléoles disparaissent définitivement et enfin ce noyau continue à vieillir puis à dégénérer et disparaît. On sait que chez les Vertébrés et chez un certain nombre d'Invertébrés, à partir du moment que la basophilie du cytoplasme commence à diminuer, il apparaît généralement dans ce cytoplasme soit de l'hémoglobine, soit de l'hémérythrine, etc. On sait aussi que la cellule une fois divisée ou non continue à vieillir, dégénère ou bien reste un certain temps au repos et commence à évoluer plus tard comme il a été dit. Sans

---

[1] Séance du 27 octobre 1924.

[2] L.-M. Betances, *Comptes rendus* t. 175, 1922, p. 1002; t. 176, 1923, p. 265, 924, 1252; t. 178, 1924, p. 337, 2269.

avoir besoin de rappeler ce qui se passe ultérieurement, je crois intéressant de préciser maintenant certains faits que j'ai pu constater et qui rendent plus compréhensible l'évolution cytohématogène de l'hémohistoblaste : 1° Il n'est pas un fait constant et invariable que l'hémohistoblaste après sa libération et son arrondissement passe par une phase de repos. La forme cellulaire qui représente cette phase n'est pas toujours abondante ni identique à elle-même. 2° Pendant n'importe quelle phase de l'évolution nucléaire le cytoplasme peut rester très basophile et étroit et alors la cellule vieillit ou dégénère; il peut se gonfler, et ne pas se diviser non plus, mais dans ce cas le noyau, s'il ne se divise pas mitotiquement, très souvent bourgeonne, se divise directement ou se déforme. 3° Le début de l'apparition de l'hémoglobine ou de l'hémérythrine, etc., ou celui d'une des granulations α, β, ε, γ, peut commencer à n'importe quel moment de l'évolution nucléaire et cytoplasmique, excepté lorsque le noyau est déjà vers la sénescence, ou bien lorsque le cytoplasme étroit ou gonflé a perdu sa basophilie primitive ou a commencé déjà à subir une première différenciation hémoglobique ou granulaire. L'élaboration d'un de ces produits peut s'arrêter à n'importe quel moment de sa formation sans que l'évolution nucléaire s'arrête. 4° Dès que le noyau a subi un début de dégénérescence, que le cytoplasme a subi une différenciation quelconque, ou bien, lorsque la cellule s'est arrondie, a passé par une phase de repos et est rentrée dans la circulation, on ne voit plus la cellule devenir fixe ni être à son état primitif.

On peut se rendre compte que tous ces états possibles de l'hémohistoblaste sont représentés par les différentes formes décrites par les auteurs et en leur donnant des noms différents de même qu'une valeur génératrice ou d'origine spécifique. Ma conception fondée sur des faits plus nombreux et plus généraux infirme cette spécificité morphogénétique et d'origine de certaines formes et nous permet de considérer la cytohématogenèse comme un processus cellulaire qui peut être résumé d'après les corollaires suivants :

a. L'hémohistoblaste, d'après la structure morphologique de son noyau et de son cytoplasme, évolue de même que d'autres cellules à partir de son état de repos apparent pendant le processus de son accroissement, vieillissement et dégénérescence en passant souvent par des formes hétéroïdes de même que tout autre cellule qui prolifère activement. Toutes les formes qui représentent cette évolution ne sont pas des cellules d'espèce ou d'origine différentes.

b. Pendant cette évolution le cytoplasme s'est spécialisé fonctionnel-

lement d'après certaines structures (hémoglobine, hémérythrine, etc.) granulations α, β, ε, γ, qu'on y voit apparaître. Celles-ci caractérisent donc la différenciation spécifique de la cellule et, alors lorsqu'elles ont commencé à apparaître et sont complètement apparues, on peut considérer la cellule comme d'espèce ou de variété différentes selon la structure.

c. Cette différenciation cytoplasmique est indépendante de l'évolution nucléaire.

d. L'hémohistoblaste une fois libre et arrondi peut être considéré comme cellule différenciée en cellule hématique lorsque dans son cytoplasme est apparue une de ces structures, ou bien lorsque son noyau est passé par une phase de repos et que son cytoplasme ainsi que les nucléoles ont perdu leur chromophilie primitive. Une fois différencié en cellule hématique il perd sa potentialité polyblastique.

f. *En principe*, la cellule hématique primitive, polyvalente et indifférenciée (hémocytoblaste) est représentée par une forme libre et arrondie de l'hémohistoblaste, à noyau au repos et à cytoplasme nettement basophile et sans aucune structure hémoglobique ou granulaire. *En fait*, sont aussi des cellules hématiques polyvalentes et indifférenciées les formes antérieures ou postérieures à celles-ci, libres et arrondies, à noyau qui évolue vers la division ou vers la maturation, mais non sénil ou dégénéré, et dont le cytoplasme n'a pas subi un début de différenciation granuleuse ou autre.

g. Aucune de ces formes n'est germe exclusif des érythrocytes, des granulocytes, ni des lymphocytes, elles se différencient aussi bien en l'une ou en l'autre espèce.

Le soi-disant myéloblaste des auteurs ou les cellules qui moins incorrectement peuvent être appelées ainsi (1) ne se transforment pas en lymphoblastes ou le contraire, elles ne se différencient pas en cellules myéloïdes dans les organes lymphatiques, et un lymphocyte ne devient pas un hémohistoblaste. Il ne s'agit dans l'un ou l'autre cas que des cellules encore indifférenciées et polyvalentes qui se sont différenciées dans un sens et non dans l'autre à un degré plus ou moins avancé de leur évolution nucléaire ou cytoplasmique, ou bien dont leur cytoplasme s'est différencié prématurément ou tardivement par rapport à l'évolution nucléaire.

---

(1) La finale *blaste* employée pour le nom spécifique de cellules ne conviendrait que pour les formes dont le cytoplasme a commencé à subir une différenciation hémoglobique, granulaire ou lymphoïde. D'après l'étymologie, cette finale ne peut convenir que pour la cellule *germe* des cellules hématiques et tissulaires (hémohistoblaste) et pour la cellule *germe* de cellules exclusivement hématiques (hémocytoblaste).

BIOLOGIE. — *Une lignée phylogénétique expérimentale.*
Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Sous l'influence d'un P_H ascendant de l'eau de mer et aux environs de $P_H = 8,40$, les œufs du Copépode *Canthocamptus minutus* O.-F. Müll. m'avaient donné, l'an dernier, trois allomorphes, différents des parents et différents entre eux, parmi lesquels une forme des sebkhas algériens : *Wolterstorffia* (Mosechra) *Blanchardi* J. Rich. Cette année, j'ai pu obtenir en faisant développer des œufs de *Wolterstorffia* en eau de mer diluée et pour un P_H de 8,25, un premier allomorphe né d'allomorphe, dont les caractéristiques sont assez remarquables pour que j'ai cru pouvoir créer pour lui un nouveau genre, *Ferroniera*, que je dédie au regretté naturaliste G. Ferronnière. A ce premier allomorphe, que j'appellerai *F. mirabilis* n. sp., succéda ensuite une deuxième forme : *F. cyclopoides* n. sp. J'ai obtenu *F. mirabilis* en avril 1924, et *F. cyclopoides* en août, mais jusqu'ici je n'ai trouvé dans les marais salants que de rares exemplaires de la deuxième espèce, et *F. mirabilis*, que je n'ai jamais rencontré dans la nature, reste, à ce jour, une espèce purement de culture.

Nous avons donc obtenu une série phylogénétique expérimentale, en quatre échelons :

Canthocamptus minutus O. F. Müll. → *Wolterstorffia Blanchardi* J. Rich. → *Ferronniera mirabilis* n. sp. → *F. cyclopoides* n. sp.

Je ne ferai point ici la description systématique de ces espèces expérimentales, je me bornerai à constater que la série, pour la plupart des organes, suit une progression *orthogénétique* évidente. L'orthogenèse est particulièrement lisible, article par article, dans les transformations de l'antenne antérieure des mâles; celle-ci, peu renflée chez *C. minutus*, l'est davantage chez *Wolterstorffia*, et aboutit chez les *Ferronniera* à un appareil étrangement compliqué, à double articulation, recourbé en corne de bélier, dont le cinquième article est transformé en large ventouse, tandis que les articles 7 et 8 forment une sorte de griffe aiguë et recourbée. Un observateur finaliste verrait dans cette antenne une merveilleuse adaptation à la préhension sexuelle, que les *Canthocamptus* réalisent mal. Mais il est remarquable que, pendant l'accouplement, contrairement aux autres Copépodes, *le mâle des* Ferronniera *ne se sert pas de sa pince antennaire*. Voici donc la preuve d'une orthogenèse sans finalité, où l'usage, le non-usage, l'utilité, le besoin n'interviennent pas.

F. mirabilis a gardé la forme élancée, cylindroïde des Harpacticides; par contre, *F. cyclopoides* a pris l'apparence trapue et piriforme des *Cyclops*, en même temps que leur natation rapide par bonds successifs; cela provient de l'élargissement considérable du céphalothorax et des deux segments thoraciques antérieurs, le dernier segment thoracique s'atténuant progressivement pour se continuer par un abdomen étroit. Tous les caractères sont cependant d'un Harpacticide, néanmoins, l'évolution de la lignée semble se diriger vers les Cyclopides.

Les œufs des *Wolterstorffia* m'ont donné exclusivement *F. mirabilis*. Les œufs de *F. mirabilis* m'ont fourni environ $\frac{1}{4}$ d'isomorphes, et $\frac{3}{4}$ de *F. cyclopoides*. Cette proportion peut s'expliquer par les lois du hasard. Mais ce n'est pas tout à fait la règle de Mendel : à la première génération, si l'on suppose couplés les caractères *mirabilis* et *cyclopoides*, le facteur *mirabilis* est *dominant exclusif;* à la deuxième génération, il devient *récessif*, alors qu'il devrait continuer à être dominant.

Voici comment je crois comprendre les faits exposés ci-dessus : Typiquement, l'œuf possède une *potentialité normale* qui lui fait suivre les mêmes voies qu'ont suivies les ancêtres. Mais dans certaines circonstances où le milieu joue le rôle d'*animateur*, l'œuf peut suivre d'autres voies, et tout se passe comme si la potentialité normale n'était qu'une partie d'une *potentialité totale*, que Roux et Driesch avaient déjà dû admettre pour expliquer le développement des blastomères isolés. Celle-ci n'entre pas toujours, ni totalement en activité : d'où des *dominances* et des *récessivités* apparentes, qui correspondent à l'extension ou à l'arrêt d'une lignée cellulaire ou organique, et qui se traduisent par des différences entre allomorphes.

Je ne vois d'ailleurs aucune utilité à imaginer la potentialité d'un œuf comme une collection de gênes ou de déterminants. Dans l'œuf qui se développe, il n'y a que des cycles de substances ou de réactions chimiques, se succédant dans le temps, et produisant de l'énergie de division et de l'énergie de croissance.

Le milieu commande à la possibilité de variation; les modalités de cette variation, c'est-à-dire l'allélogenèse, dépendent de la potentialité totale de l'œuf, qui varie avec les espèces, peut-être même avec les individus, et se confond, chez les formes stables, avec la potentialité normale. Ainsi, *la phylogenèse n'est qu'une ontogenèse étendue*, et c'est ce qui explique sa marche orthogénétique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence de l'iode dans le sang veineux de la thyroïde.* Note (1) de MM. **E. Gley** et **J. Cheymol**.

On a tenté maintes fois, mais en vain, de caractériser soit chimiquement, soit physiologiquement, dans le sang efférent de la thyroïde, le principe actif de la sécrétion de cette glande. Les quantités de sang veineux thyroïdien que l'on peut recueillir même sur de gros chiens et *a fortiori* sur les autres animaux usuels de laboratoire sont trop petites pour que ces tentatives aient eu chance de réussir.

L'un de nous a constaté avec R. Arnold (2) que la thyroïde de la chèvre est très riche en iode. C'est ce fait qui, joint à la présence de veines thyroïdiennes assez volumineuses chez cet animal, nous a engagés à rechercher l'iode dans le sang efférent de la thyroïde de la chèvre. Nous avons opéré sur dix de ces animaux. Mais il en est deux, assez petits, du poids de 30 et 32^{kg}, sur lesquels on n'a pu recueillir une quantité de sang suffisante pour un dosage précis. Sur les huit autres nous avons obtenu facilement 100 à 150^{cm^3} de sang thyroïdien. Le dosage de l'iode dans ce sang, par le procédé de Kendall (3), a été effectué sur 100^{cm^3} dans presque tous les cas, sauf une fois sur 150^{cm^3} et une fois sur 110. Nous avons réuni dans le tableau ci-après les résultats de cette recherche.

On remarquera dans ce tableau deux chiffres aberrants, $0^{mg},5$ pour la chèvre n° 3 et $0^{mg},05$ pour la chèvre n° 6. Dans ce dernier cas nous voyons qu'il y a eu, à un moment du dosage, une perte d'iode (4). Quant au chiffre élevé de $0^{mg},5$, rien ne nous l'explique. Sans doute on pourrait penser qu'il est en rapport avec la forte teneur en iode ($7^{mg},54$) du lobe dont on a recueilli le sang. Mais il suffit de jeter les yeux sur le Tableau II pour voir qu'il n'y a pas de relation proportionnelle entre l'iode du sang efférent de la thyroïde et la teneur en iode du lobe thyroïdien dans le sang duquel on a dosé ce corps.

(1) Séance du 27 octobre 1924.

(2) R. Arnold et E. Gley, *La teneur en iode de la thyroïde de la chèvre* (*J. de Physiol. et de Pathol. générale*, t. 21, 1923, p. 498-504).

(3) E. C. Kendall, *J. of biol. Chem.*, t. 19, 1914, p. 251-256.

(4) Peut-être convient-il de noter que cette chèvre était pleine; à l'autopsie on a trouvé dans l'utérus deux fœtus déjà très développés.

TABLEAU I.

Chèvres	Quantité de sang thyroïd. et débit du sang.	Iode p. 1000 du sg thyroïd.	Iode pour 1000 du sang carotidien.	Poids du lobe droit frais.	Poids du lobe droit sec.	Iode du lobe droit.	Poids du lobe gauche frais.	Poids du lobe gauche sec.	Iode du lobe gauche.
	cm³ m	mm	mm	g	g	mm	g	g	mm
1 (42kg)..	120 en 8	0,165	0,125	2,160	0,687	1,044	2,13	0,585	1,656
2 (52kg) .	150 en 5	0,172	0,043	7,38	1,947	6,30	2,20	0,62	1,57
3 (40kg)..	100 en 16	0,5	0,15	6,51	1,64	7,54	1,63	0,462	1,75
4 (48kg)..	110	0,28	0,26	4,24	1,09	6,24	3,79	1,01	5,9
5 (57kg)..	100	0,201	0,105	2,80	0,75	3,67	3,65	0,95	5,13
6 (53kg)..	100 en 8	0,05	0,105	3,57	0,92	6,12	4,17	1,17	6,81
7 (42kg)..	100 en 20	0,19	0,105(1)	1,03	0,235	0,683	1,16	0,265	0,779
	100	0,16	0,105(1)						
8 (43kg)..	100 en 3	0,16	0,105	4,77	1,14	4,46	4,27	0,94	3,48
	100 en 15	0,20							

Observations. — 1, 2, 3 : Sang du lobe droit. — 4 : Sang du lobe gauche. — 5 : Sang du lobe gauche. Le débit du sang a été de 72 gouttes par minute. — 6 : Sang du lobe gauche. Perte d'iode au cours du dosage (?). — 7, 8 : 1° Sang du lobe droit ; 2° sang du lobe gauche.

TABLEAU II.

Chèvres.	Teneur en iode du sang thyroïdien.	Teneur en iode du lobe correspondant.	Teneur en iode du lobe correspondant rapportée à 1g de tissu sec.
	mg	mg	mg
1.........	0,165	1,044	1,519
2.........	0,172	6,30	3,235
4.........	0,28	5,9	5,841
5.........	0,201	5,13	5,189
6.........	0,05	6,81	5,820
7.........	0,19	0,683	2,906
	0,16	0,779	2,939
8.........	0,16	4,46	3,912
	0,20	3,48	3,702

Il se peut que la teneur en iode du sang efférent de chaque lobe de la

(1) Sur la chèvre n° 7 on a recueilli non pas du sang de la carotide, mais d'une artère fémorale. Les deux prises de sang fémoral ont été faites, l'une avant, l'autre après les deux prises de sang efférent de la thyroïde.

glande soit liée d'une façon générale à la proportion d'iode contenu dans ce lobe, mais elle dépend certainement aussi d'autres causes.

Quoi qu'il en soit, si l'on fait abstraction des deux chiffres aberrants signalés plus haut, on obtient, pour la teneur du sang thyroïdien en iode, la moyenne de $0^{mg},191$; la teneur moyenne du sang de la circulation générale n'est que de $0^{mg},120$.

On a vu sur le Tableau I que nous avons pu sur deux chèvres recueillir du sang de chacun des lobes de la glande. On remarquera que la quantité d'iode est à peu près la même dans les deux sangs. Il est vrai que sur ces deux animaux le poids des deux lobes était à peu près le même et que leur teneur respective en iode ne présentait pas de grandes différences.

Ces recherches montrent que l'on peut, sur des animaux de taille assez élevée, obtenir une quantité de sang veineux thyroïdien suffisante pour y doser l'iode. Comme, d'autre part, nous avons constaté sur les mêmes animaux que le sang de la circulation générale contient aussi de l'iode, ce qui confirme d'ailleurs les résultats publiés il y a plus de vingt ans par l'un de nous [1], on voit que la preuve chimique de la sécrétion interne de la thyroïde est maintenant complète.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude, par l'analyse périodique des feuilles, de l'influence des engrais de chaux, de magnésie et de potasse sur la vigne.* Note de MM. **H. Lagatu** et **L. Maume**, présentée par M. P. Viala.

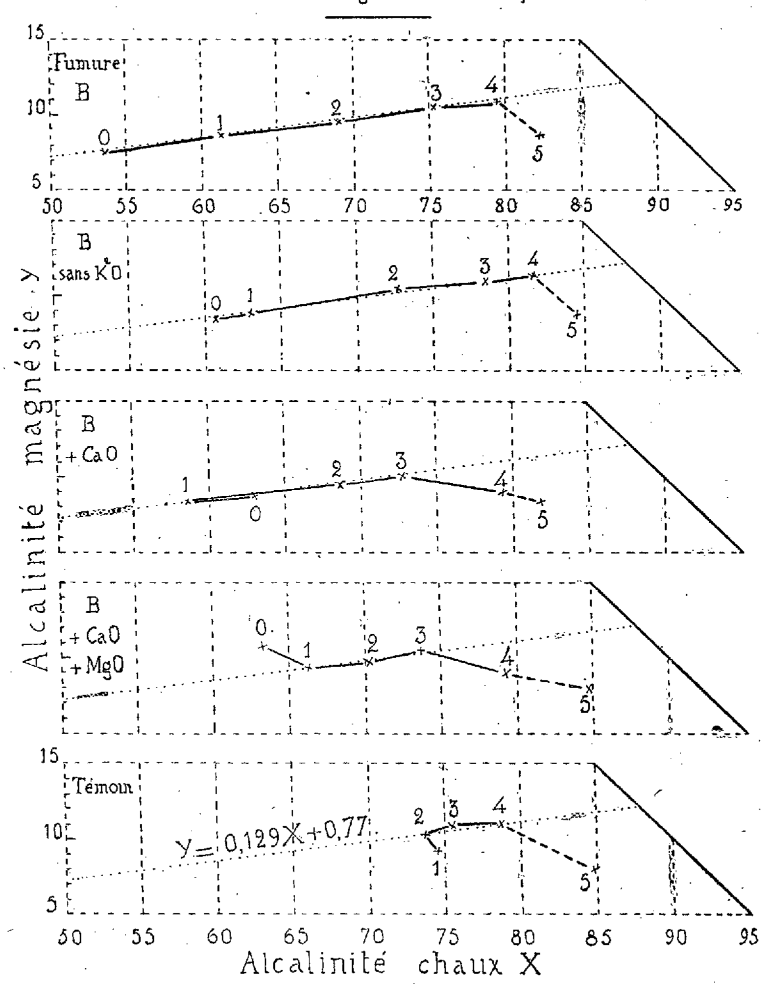
Dans la vigne d'expérience en terre siliceuse de Grammont près Montpellier, la parcelle *bien alimentée* [2] a reçu annuellement, depuis cinq ans, une fumure B comprenant, pour un hectare : azote 80^{kg} (40 du sang desséché, 20 de la corne en poudre, 20 du nitrate de potasse); potasse 90^{kg} (66 du nitrate, 24 du sulfate); acide phosphorique 75^{kg} du superphosphate minéral. Quatre autres parcelles ont été étudiées en même temps. Voici leurs fumures annuelles et leurs rendements de 1921 (sécheresse), 1923 (sécheresse), 1924 (pluies normales); en 1922, grêle.

---

(1) E. Gley et P. Bourcet, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1721, et t. 135, 1902, p. 185.

(2) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 782.

	Poids de raisin récolté sur 130 souches.					Rendement pour 100 de la parcelle B.			
	B.	B sans K^2O.	B +CaO.	B +CaO+MgO.	Témoin (rien).	B sans K^2O	B +CaO.	B +CaO+MgO.	Témoin (rien).
1921...	615 kg	435 kg	555 kg	480 kg	480 kg	70,7	90,2	78,1	78,1
1923...	430	300	390	350	400	69,8	90,7	81,4	93,0
1924...	795	430	660	455	560	54,1	83,0	57,2	70,4



Nos analyses mensuelles de feuilles, dont les résultats déterminent les alcalinités X, Y, Z telles que X + Y + Z = 100, portent sur l'année 1923, du 18 mai au 18 septembre, plus un échantillon du 18 octobre, témoin du

régime physiologique qui suit la vendange. Nous donnons (p. 933) les graphiques en coordonnées trilinéaires définis antérieurement. Les n^{os} 0, 1, 2, 3, ... mesurent le temps en mois à partir de mai coté 0.

Nous nous proposons d'établir que l'évolution de l'*unité alcaline composite* constitue un diagnostic fidèle et sensible du mode d'adaptation du milieu nutritif aux besoins de la plante en ce qui concerne la chaux, la magnésie et la potasse, si l'on interprète les divers graphiques en considérant comme *graphique optimum* celui qui correspond à la fumure B.

Notons d'abord que les contrastes météorologiques si marqués de l'année 1923 n'ont déformé, pour la parcelle B, ni la ligne droite, ni les trois paraboles solidaires. La constitution de l'unité alcaline composite dépend donc exclusivement du milieu chimique.

Les caractères à comparer sont : la longueur, la place et la forme des divers graphiques. On voit ainsi que :

1° Le *graphique* B *sans* K^2O est plus court et a glissé vers le côté droit, marquant le manque relatif de potasse Z, sans que la chaux X et la magnésie Y aient modifié leur relation propre;

2° Le *graphique* B + CaO, partant d'une origine trop à droite (excès relatif de chaux), présente un « retour » vers la situation normale et montre que le régime d'après vendange commence ici avant la vendange, comme si la feuille mal alimentée sevrait prématurément le raisin avant la récolte;

3° Le *graphique* B + CaO + MgO, partant d'une origine à la fois trop à droite (excès relatif de chaux) et trop haute (excès relatif de magnésie) présente un « retour » vers la situation normale pour la magnésie; même sevrage prématuré du fruit;

4° Le *graphique Témoin sans fumure* caractérise la terre exclusivement siliceuse de Grammont comme ayant, à l'égard de la vigne, grand excès relatif de chaux, légère insuffisance de magnésie et défaut très marqué de potasse (l'échantillon de mai $t = 0$ manque).

Le diagnostic est donc *fidèle*. Comme les différences très visibles, même à petite échelle, correspondent à des apports agricoles normaux, le diagnostic est donc aussi *sensible*.

Ces recherches, que nous poursuivons, autorisent l'espoir de fonder sur l'analyse périodique de feuilles, convenablement choisies, un contrôle rationnel et pratique de l'influence des divers principes, et une analyse chimique agricole des sols dégagée de toute convention arbitraire de laboratoire.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formule de l'excitation électrique en fonction du temps.* Note [1] de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. J. Perrin.

Quand on cherche à exprimer l'intensité liminaire des excitations électriques en fonction de leur durée, on se trouve en présence d'un problème plus difficile qu'il n'avait semblé d'abord. Bornons-nous au cas des passages limités de courant constant; la courbe expérimentale n'est ni une exponentielle, ni une hyperbole équilatère, et les formules analytiques de l'une et de l'autre de ces figures ne permettent d'interpoler des chiffres expérimentaux avec une sécurité suffisante; en particulier on ne peut, sans risquer de grosses variations accidentelles, en tirer la constante de temps qui, manifestement, est impliquée dans chaque excitabilité, et dont l'importance physiologique se révèle de plus en plus.

La complexité réelle de cette courbe sous l'apparente simplicité d'un arc continûment convexe vers l'axe des temps se révèle quand on substitue à la courbe des intensités celle des quantités d'électricité, pratiquement des produits it; au lieu d'être comme on l'a cru, la droite $y = a + bt$ correspondant à l'hyperbole équilatère pour l'intensité, elle présente, comme je l'ai montré en 1908, une double sinuosité. Cette complexité m'avait fait renoncer à chercher une formule pratiquement utilisable et c'est alors que je me suis arrêté à une constante de temps empirique, la *chronaxie* (1909). Celle-ci s'est montrée fort commode; elle est utilisée dans de nombreux travaux, et, comme nous allons voir, il n'y a aucune raison d'y renoncer; mais je peux maintenant la rattacher à une formule analytique.

Pour les temps courts, l'intensité liminaire suit la loi déduite par Nernst de sa théorie de l'excitation fondée sur la polarisation; elle est inversement proportionnelle à la racine carrée du temps, $i = \frac{c}{\sqrt{t}}$; pour les temps longs, elle est constante, $i = a$ (*rhéobase*). Au lieu de considérer l'intensité ou la quantité, considérons l'énergie (soit le produit du carré de l'intensité par la durée, en faisant égale à 1 la résistance). Pour les temps courts, nous avons une valeur constante, c^2 (le minimum d'énergie que l'on a cru constater dans les expériences sur les excitabilités rapides doit être rapporté à une erreur commise en prenant pour mesure de l'énergie le produit du carré du voltage par le temps lorsqu'il s'agit de durée de passage de l'ordre

[1] Séance du 27 octobre 1924.

du dix-millième de seconde). Pour les temps longs, nous avons une droite passant par l'origine, $a^2 t$; entre les deux, raccordement par un arc à concavité supérieure.

Considérons le point de croisement des deux droites; soit θ l'abscisse de ce point. On a $c^2 = a^2\theta$. L'expérience ayant donné la rhéobase a et l'intensité liminaire i_1 correspondant à une durée t_1 assez courte pour se trouver dans la zone où s'applique la loi de Nernst, soit la valeur de $c^2 = i_1^2 t_1$, on obtient $\theta = \frac{c^2}{a^2}$, c'est-à-dire un *temps caractéristique*. Voici à titre d'exemples des valeurs de θ (en secondes) ainsi calculées sur des expériences que j'ai publiées il y a plus ou moins longtemps :

Sciatique-gastrocnémien de grenouille	0,002
Pied d'escargot	0,09
Estomac de grenouille	4,3
Chromatophore de Spirogyre	32

On peut se représenter que l'excitation agit d'abord à énergie constante; puis, au bout d'un temps plus ou moins long, intervient le processus antagoniste dont j'ai démontré l'existence sans pouvoir en déterminer la nature physique; le courant électrique cesse d'être efficace et le seuil ne s'abaisse plus avec la prolongation du passage : si cette intervention était brusque, c'est au temps θ qu'il faudrait la situer; il y a sur un certain espace, d'une de ces phases à l'autre, un raccordement graduel que nous allons essayer de traduire analytiquement. Connaissant la rhéobase et θ, on peut calculer avec une excellente approximation les seuils pour des durées quelconques en assimilant la courbe de l'énergie à une hyperbole de formule

$$(y - c^2)(y - a^2 t) = b,$$

y c'est $i^2 t$; $c^2 = a^2\theta$; la constante b exprime l'écart entre la courbe de raccordement et l'angle formé par les asymptotes; cet écart est le même, relativement, pour toutes les excitabilités. En effet, l'examen de mes expériences m'a montré toujours sensiblement $i = 1,1\,a$ pour $t = \theta$. De là, on peut calculer que b doit être égal à $0,04\,\theta^2 a^4$. Portant ces valeurs dans l'équation de l'hyperbole, résolvant par rapport à i, mettant a en facteur, et ne gardant que la solution qui nous intéresse, on trouve

$$i = a\sqrt{\frac{t + \theta + \sqrt{(t-\theta)^2 + 0,16\,\theta^2}}{2t}}.$$

En fait, θ est dans un rapport simple avec la chronaxie. Celle-ci est par

définition la durée τ pour laquelle l'intensité liminaire est égale à $2a$. Si nous admettons que l'hyperbole est en ce point pratiquement confondue avec son asymptote, nous avons $4a^2\tau = a^2\theta$, d'où $\tau = \frac{\theta}{4}$. L'examen des expériences montre qu'en fait la chronaxie est égale au quart de θ à l'approximation des mesures. La façon la plus facile et la plus sûre d'obtenir θ est de mesurer la chronaxie; en effet, la détermination de la durée de passage pour laquelle $i = 1,1\,a$ manquerait de précision, et, d'autre part, on ne connaît pas *a priori* au-dessous de quelle durée il faut se placer pour tomber dans la zone d'énergie constante. La chronaxie reste donc la mesure pratique des vitesses d'excitabilité; définie d'abord d'une façon purement empirique, elle se trouve par chance être une fraction simple de la constante de temps rationnelle.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le charbon dit « intestinal ».*
Note de M. G. SANARELLI, présentée par M. Roux.

En faisant agir les sucs digestifs des animaux sur les bactéridies et les spores charbonneuses, on trouve que ces sucs sont doués d'un pouvoir bactéricide à l'égard de ces microbes.

Action du suc gastrique, — Le suc gastrique des cobayes et des lapins, adultes ou nouveau-nés, possède une acidité variable, mais toujours fort élevée. Le résultat de 21 analyses a démontré que cette acidité, évaluée comme acide lactique, varie : chez les cobayes adultes, entre 3,60 et 6,80 pour 1000; chez les lapins adultes, entre 7 et 8 pour 1000; chez les cobayes nouveau-nés, entre 4,50 et 12,8 pour 1000; chez les lapins nouveau-nés, entre 8 et 33 pour 1000.

En contact avec le suc gastrique obtenu par centrifugation du contenu stomacal de cobayes et de lapins adultes, les bactéridies non sporulées meurent au bout de 5 à 10 minutes. Dans le suc gastrique des cobayes et des lapins nouveau-nés, les mêmes bactéridies sont généralement tuées au bout de 2 minutes seulement.

Action du suc entérique sur les bactéridies. — J'ai étudié cette action de trois manières :

1° En mettant à l'étude du suc intestinal centrifugé de lapins morts de charbon inoculé par voie sous-cutanée.

Dans le contenu entérique de ces animaux se rencontrent presque tou-

jours des bactéridies venues des capillaires de la muqueuse qui, dans le charbon, est toujours plus ou moins hypérémiée et altérée. Après 10 à 12 heures d'exposition à une température de 37°C., les cultures du suc entérique, contenant déjà des bactéridies, montrent que ces microbes sont tous morts, au lieu de s'être multipliés.

2° En ensemençant des bactéridies non sporulées dans le suc entérique frais et centrifugé de lapin nouveau-né, et qui est presque toujours amicrobien, ou dans le suc entérique frais de lapin adulte, extrait avec la pipette, d'une anse intestinale. Parfois on a la chance de retirer un suc intestinal stérile.

Or, si l'on ensemence 1^{cm^3} de suc entérique amicrobien avec une anse de sang charbonneux et qu'on le porte ensuite à l'étude à 37°, on trouve qu'au bout de 24 heures toutes les bactéridies ont été tuées.

3° En introduisant directement dans le contenu intestinal des lapins, une certaine quantité de sang charbonneux (3-4^{cm^3}).

On peut effectuer cette introduction dans l'intestin, à travers une fistule de l'appendice que l'on obtient facilement par un procédé opératoire que j'ai récemment décrit (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1923, p. 809). L'introduction directe de sang charbonneux dans le gros intestin des lapins pourvus de fistule appendiculaire demeure parfaitement inoffensive ainsi que l'introduction de sang virulent dans le rectum, effectuée par la voie anale.

Action du suc entérique sur les spores. — Le suc entérique du chien, du lapin et du cobaye se montre doué d'une action bien distinctement antigerminative. Les spores charbonneuses ne peuvent pas germer dans le suc entérique de ces animaux, même si, pour détruire les microbes intestinaux éventuels, ce suc a été préalablement soumis à des tyndallisations réitérées.

On peut mettre en évidence cette action antigerminative du suc entérique, même quand il a été dilué. De petites quantités de suc entérique de lapin ou de cobaye, mélangées avec du bouillon ou versées simplement à la surface des tubes de gélose, n'entravent point le développement de plusieurs microbes (*proteus*, *staphylocoques*, *B. mesentericus*, etc.) et de tous les microbes intestinaux cultivables, à partir du *B. coli*. Mais la germination des spores charbonneuses y est complètement entravée.

Le suc entérique des animaux manifeste son pouvoir antibactérien surtout quand il est frais. Le vieillissement, le chauffage et l'état pathologique des parois intestinales atténuent ce pouvoir.

Cependant, même lorsque ce pouvoir a complètement disparu, les spores

charbonneuses n'ont pas la possibilité de se développer dans le suc en question. On démontre, en effet, *in vitro*, que, dans ce cas, le *B. coli*, toujours présent dans le suc intestinal, se développe toujours avant les spores charbonneuses. Mais là où vit ou a vécu le *B. coli*, ces spores ne peuvent pas germer.

Enfin, tandis que les spores charbonneuses ne se développent point ou seulement d'une manière imperceptible, à la surface de vieilles cultures raclées, où l'on a précédemment cultivé le *B. coli* ou d'autres microbes isolés de l'intestin, ces derniers microorganismes se développent, au contraire, fort bien sur les vieilles cultures raclées de la bactéridie.

Ces résultats amènent donc à penser que l'on doit accepter avec des réserves les idées aujourd'hui dominantes sur la pathogénie de cet état morbide qui, dans la pathologie humaine et vétérinaire, est connu sous le nom de « mycose charbonneuse intestinale » ou « charbon intestinal ».

MÉDECINE. — *Mécanisme d'action du bismuth dans la syphilis.* Note [1] de MM. C. **Levaditi**, S. **Nicolau**, et de Mlles J. **Salgue** et R. **Schoen**, présentée par M. Roux.

Nous avons étudié le mécanisme qui préside à la résorption du bismuth injecté dans le muscle, ainsi que le mode d'action de ce métal sur le spirochète au niveau de l'accident spécifique. Nous avons procédé de la manière suivante :

I. Du tartro-bismuthate de sodium et de potassium en suspension huileuse (Trépol, titrant 64 pour 100 Bi) était injecté dans le muscle du râble, à raison de 0g,1 par kilogramme. Parmi les lapins inoculés, 5 étaient porteurs de chancres syphilitiques volumineux du scrotum ; les sept autres étaient des animaux non infectés. Les premiers ont été sacrifiés 24 heures, 48 heures, 3 jours, 4 jours et 6 jours après l'injection bismuthique ; nous avons examiné les autres le 7e, 8e, 11e, 13e, 15e, 20e et 25e jour après le début du traitement.

II. Chez les lapins syphilitiques, le chancre était, d'une part, examiné histologiquement, d'autre part soumis à l'analyse chimique (dosage du bismuth à l'état d'oxyde). En outre, nous avons pratiqué l'examen chimique et microscopique du muscle injecté, aussi bien chez les animaux syphilitiques que chez les autres. Nous nous sommes servi aussi d'une *méthode microchimique applicable sur coupes*, permettant la coloration du bismuth en rouge brique sur fond jaune, méthode dont nous parlerons en temps voulu.

---

(1) Séance du 27 octobre 1924.

I. *Au point de vue chimique*, l'analyse montre que la quantité de Bi résorbée au niveau du muscle ne représente qu'une minime partie de la totalité du métal administré. Quelques chiffres à l'appui :

Temps écoulé depuis l'injection.	Bimétal injecté.	Bimétal retrouvé.	Bimétal résorbé.	Pour 100 de bimétal résorbé.
	g	g	g	
24 heures..........	0,16	0,111	0,049	30,7
6 jours............	0,153	0,121	0,032	21,0
13 jours...........	0,128	0,098	0,030	23,5
20 jours...........	0,115	0,095	0,020	17,4
25 jours...........	0,153	0,125	0,028	18,3

Ces quelques chiffres tendent à prouver que, conformément à ce qui avait été vu chez l'homme et chez l'animal [L. Fournier, Wölfer (1), H. Müller (2), etc.], *la résorption du bismuth est loin d'être complète, des semaines et même des mois après la piqûre, et que, d'autre part, il faut très peu de métal pour qu'il y ait destruction du tréponème et cicatrisation de la lésion.*

En effet, le bismuth résorbé au point d'injection est éliminé par les émonctoires et ne se localise pas en entier sur les tissus et les lésions; d'un autre côté, les chiffres indiqués par l'analyse sont au-dessous de la vérité, en ce sens qu'une certaine quantité de métal échappe à cette analyse. Il en résulte, qu'en réalité, *quelques milligrammes de bimétal résorbé par kilogramme d'animal, doivent suffire pour déclancher l'effet thérapeutique constaté.*

Malgré le nombre des analyses et la sensibilité de la méthode (3), il a été impossible à M^lle^ Salgue de retrouver la moindre trace de bismuth dans le syphilome. Absence totale du métal par le procédé microchimique appliqué sur coupe.

Nous en concluons que la destruction des tréponèmes in situ *s'opère en présence de quantités de bismuth impossibles à déceler par les méthodes chimiques actuelles* (4).

---

(1) Wölfer, *Schweitz. med. Woch.*, 1922, n° 28, p. 707.

(2) Muller, Blass et Kratzeisen, *Münch. med. Woch.*, 1923, n° 20, p. 625.

(3) La méthode utilisée peut mettre en évidence 0g,0001 (dixième de milligramme) de tartro-bismuthate à 30 pour 100 Bi injecté dans le testicule du lapin, soit 0g,00003 bimétal.

(4) Nous n'avons pas utilisé la méthode radiochimique de Hevesy et Paneth (Lomholt, *The Biochemical Journal*, t. 18, 1924, p. 693) de beaucoup plus sensible. Nous espérons nous en servir.

II. *Au point de vue histologique*, nous avons constaté les détails suivants :

Muscle. — La méthode microchimique met en relief des quantités considérables de précipité métallique, insinué entre les faisceaux musculaires (périmysium interne). Le processus histologique est quadruple :

1° *Diapédétique :* Dès les premiers jours, le dépôt bismuthique est emprisonné dans une masse de leucocytes polynucléaires, qui le dissocient et forment corps avec lui. Ces leucocytes dégénèrent et leurs détritus semblent imprimer aux dérivés bismuthiques des transformations profondes.

2° *Inflammatoire :* Le foyer s'entoure d'un tissu réactionnel constitué par des lymphocytes, des macrophages et des fibroblastes, à point de départ périvasculaire. La résorption du bismuth est l'œuvre des cellules du mésenchyme et des endothéliums vasculaires, ainsi qu'en témoigne la présence du métal dans le protoplasma de ces cellules.

La *résorption du bismuth est donc, en grande partie, assurée par les cellules du mésenchyme*, conformément à l'opinion exprimée par Levaditi dès 1921 [1].

3° *Dégénératif :* les fibres musculaires en contact intime avec le dépôt bismuthique sont atteintes de nécrose de coagulation. Çà et là, on observe des phénomènes de myophagie.

4° *Régénératif :* vers le treizième jour, on constate une régénération active des fibres musculaires (prolifération intense des noyaux du sarcoplasme).

Syphilome. — Le tréponème reste parfaitement imprégnable par l'argent et offre un aspect normal pendant les premières 24 heures ; mais, dès le second jour, il montre des altérations régressives : irrégularité des ondulations et présence de grains noirs rattachés à l'une des extrémités. La destruction totale des spirochètes s'opère entre le troisième et le quatrième jour. Plus de tréponèmes proprement dits, mais des granulations fines, d'autant plus abondantes que le tissu était riche en parasites. Cette fonte granulaire du *Treponema pallidum* s'effectue en dehors des cellules.

Conclusion. — Le mécanisme d'action thérapeutique du bismuth paraît être le suivant : le composé injecté, dissocié sous l'influence des leucocytes, met le métal en liberté ; celui-ci entre dans la constitution de certaines matières protéiques cellulaires (Cf. Travaux de Levaditi et Nicolau sur le *Bismoxyl*) et devient assimilable. Ainsi modifié, le bismuth arrive au contact des spirochètes au niveau des accidents spécifiques. Il y parvient en quantités

(1) Levaditi, *Le bismuth dans la syphilis* (*Presse médicale*, n° 59, 26 juillet 1922).

infinitésimales et cependant suffisantes pour assurer la spirochétolyse. Le tréponème se désagrège en dehors des cellules, comme s'il était soumis à un processus lytique intense.

M. **Sabba Stefanescu** adresse une note *Sur les anomalies réelles des molaires des éléphants.*

La séance est levée à 15h55m.

É. P.

ERRATA.

—

(Séance du 6 octobre 1924.)

Note de M. *P. Reiss*, Remarques sur le P_H intérieur du noyau cellulaire et ses variations expérimentales :

Page 641, ligne 12 (2e ligne de la note), *au lieu de* 5, *lire* 5, (5).

(Séance du 13 octobre 1924.)

Note de M. *Charles Henry*, Sur le rayonnement des homœothermes et le calcul de sensibilités nerveuses :

Page 706, lignes 8-9, *au lieu de* deuxième maximum, *lire* deuxième minimum; ligne 10, *au lieu de* maximum, *lire* minimum.

(Séance du 20 octobre 1924.)

Note de MM. *Nicolas Perrakis* et *Pierre Bédos*, Sur une loi reliant le potentiel d'ionisation d'un élément à son point d'ébullition :

Page 756, ligne 2, *au lieu de*

$$\frac{\lambda}{T} = C_j = 4,07 + 10^{-27},$$

lire

$$\frac{\lambda}{T} = C_j = 4,07 \times 10^{-27}.$$

Page 757, ligne 14, *au lieu de*

$$V_m = 28,57\, e^{-0,07147T^{\frac{1}{T}}} + 0,000\,000\,93\,T^2,$$

lire

$$V_m = 28,57\, e^{-0,07147T^{\frac{1}{2}}} + 0,00000093\,T^2.$$

Note de MM. *H. Lagatu* et *L. Maume*, Évolution remarquablement régulière de certains rapports physiologiques (chaux, magnésie, potasse) dans les feuilles de la vigne bien alimentée :

Page 784, ligne 6, *au lieu de* $+10,395t$, *lire* $-10,395t$.

(Séance du 27 octobre 1924).

Note de M. *Paul Appell*, Sur la nature du mouvement d'un corps céleste fluide autour de son centre de gravité :

Page 795, ligne 5 en remontant, *au lieu de* intérieures, *lire* extérieures.

Note de MM. *Eugène Aubel* et *René Wurmser*, Sur l'utilisation de l'énergie libérée par les oxydations :

Page 849, ligne 28, *au lieu de*

$$2CH^3.CHOH.COOH - O^2 = 2CH^2OH.CHOH.COH,$$

lire

$$2CH^3.CHOH.COH + O^2 = 2CH^2OH.CHOH.COH.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Mendizabal Tamborrel**, de Mexico, qui assiste à la séance.

LITHOLOGIE. — *Remarques sur les dissogénites, à propos de l'evergreenite du Colorado.* Note de M. **A. Lacroix**.

M. Étienne Ritter a décrit ([1]) sous le nom d'*evergreenite* une roche filonienne éruptive du Colorado qui renferme un gîte de cuivre de nature tout à fait exceptionnelle ([2]). Plus tard, cette même roche et son gisement ont été à nouveau étudiés par M. E. S. Bastin ([3]). M. Ritter m'ayant envoyé une série d'échantillons de l'evergreenite, je me suis proposé d'en compléter la description et de montrer qu'elle fait partie d'un petit groupe lithologique dont je poursuis depuis longtemps l'étude dans de nombreux gisements français et étrangers et dont j'ai achevé de fixer les caractéristiques ([4]) à l'occasion des cas que j'ai rencontrés à Madagascar.

Ces roches se trouvent dans des conditions géologiques toujours comparables; elles présentent de frappantes analogies de composition, accompagnées, suivant les localités, de notables dissemblances.

([1]) *The Evergreen Copper-Deposits Colorado* (*Amer. Inst. Min. Enginers Transact.*, t. 38, 1908, p. 751).

([2]) Waldemar Lindgren, *Mineral Deposits*, 1913, p. 771.

([3]) *Economic Geology of Gilpin County...* (*U. S. Geol. Surv. Profess. Paper*, n° 94, 1917, p. 126). Cf. aussi J. M. Hill, *Economic Geol.*, t. 6, 1911, p. 465.

([4]) *Minéralogie de Madagascar*, t. 2, 1922, p. 373.

Les analogies de gisement consistent en ce que ces roches constituent des filons en liaison avec des massifs éruptifs (granitiques) et que, d'autre part, ces filons sont cantonnés dans des sédiments calcaires métamorphisés, dans des calcaires cristallins ou enfin dans des roches silicatées (amphibolites, pyroxénites, grenatites, gneiss à scapolite, etc.) qui en dérivent.

En ce qui concerne la composition minéralogique, les analogies résident dans l'association à des minéraux blancs, prédominants, d'un diopside vert, généralement accompagné de sphène brun; aux affleurements, ce diopside, riche en fer, se décompose en limonite jaunâtre. Les différences tiennent à la nature des éléments blancs; le quartz, quelquefois abondant, rarement absent, n'existe souvent qu'en très petite quantité; les feldspaths sont de nature variée, ils peuvent être uniquement alcalins (microcline ou orthose) ou bien être accompagnés par un plagioclase oscillant entre l'albite calcique et l'andésine, mais le feldspath potassique est toujours prédominant.

A ces minéraux essentiels peuvent s'en ajouter d'autres appartenant à des espèces qui ne se voient pas dans les roches éruptives normales : wollastonite, scapolite, grenat grossulaire; ils peuvent devenir assez abondants pour constituer des éléments essentiels. J'estime que ces minéraux, tous calciques, aussi bien que le diopside, résultent d'une modification endomorphe du magma éruptif ou des produits volatils ou transportables émanés de celui-ci par attaque de la paroi calcique encaissant les filons. Dans ma discussion des contacts des Pyrénées [1], et aussi dans l'étude des blocs calcaires de la Somma [2], j'ai comparé, au point de vue génétique, les roches dont il s'agit à celles des sanidinites de la Somma que j'appelle *pneumatogènes*, et qui, remplissant les cavités des blocs de calcaire métamorphisés, présentent, elles aussi, l'association de minéraux calciques (wollastonite, grossulaire, idocrase, etc.), dérivant du calcaire, et de minéraux alcalins (orthose, leucite, néphéline), incontestablement fournis par des émanations du magma et qui sont, par suite, d'origine pneumatolytique.

Dans les nomenclatures lithologiques habituelles, suivant leur richesse en quartz, suivant la nature des feldspaths, il faudrait distribuer ces roches entre les granites, les syénites potassiques et les monzonites, quartzifères ou non, en brisant toutes les analogies que je viens de préciser. Il m'a paru

---

(1) *Les contacts de granite des Pyrénées* (*Bull. Carte géol. France*, n° 64, 1898, p. 10, et n° 71, 1900, p. 11).

(2) *Étude minéralogique des produits silicatés de l'éruption du Vésuve* (avril 1906). *Conséquences à en tirer au point de vue général* (*Nouvelles Archives Muséum*, t. 9, 1907, p. 101).

préférable de les grouper sous une désignation univoque, celle de *dissogénite* (δίσσὸς, différent) qui traduit la diversité d'origine que j'attribue aux deux groupes de minéraux constitutifs.

Revenons à l'*evergreenite*. Elle provient de l'Evergreen Mine, à Apex (Vallée de Pine Creek) dans la partie Nord du Comté de Gilpin. La région est constituée par des schistes cristallins de l'*Idaho Springs formation;* injectés par des pegmatites granitiques; schistes et pegmatites sont traversés par des dykes d'evergreenite, en relation sans doute avec un large massif de monzonite affleurant à moins de 1^{km} de la mine.

L'evergreenite est d'une fraîcheur remarquable : elle laisse voir à l'œil nu des aiguilles blanches, soyeuses, de wollastonite se détachant sur un fond feldspathique et quartzeux gris clair, ponctué de vert. La roche est à grain moyen, grenue, avec localement une tendance microgrenue (micropegmatique) et parfois alors une texture porphyrique. L'examen microscopique montre une quantité considérable de prismes automorphes, très allongés, de wollastonite, associés à des cristaux également automorphes de diopside, d'un vert de plus en plus foncé du centre à la périphérie (diopside ægyrinique et quelquefois même ægyrine sur les bords) et fréquemment maclés suivant h^1. Ces deux minéraux sont englobés par du microcline à macles très fondues, avec bandelettes transversales d'albite; enfin de grandes plages de quartz sont de formation postérieure. A signaler aussi un peu de magnétite, de sphène, de zircon et quelques plages de calcite primaire.

C'est exclusivement dans cette roche et non pas dans les schistes voisins que sont distribués les minerais de cuivre qui consistent en érubescite et en chalcopyrite : ces deux sulfures forment des masses distinctes ou sont associés. Leur examen par les méthodes métallographiques montre que leur cristallisation a été contemporaine (¹); ils sont localement ponctués d'un peu de chalcosite qui ne me paraît pas d'origine secondaire. Ils moulent les silicates et le quartz ou sont inclus au milieu d'eux; leur formation date donc certainement de la consolidation de la roche. Ils sont, çà et là, bordés par un peu de grossulaire qui n'existe qu'à leur voisinage.

(¹) Ce fait sur quoi ont insisté MM. Ritter et Bastin paraît tout à fait évident. M. Ritter a signalé une altération secondaire de ces minerais en *covellite* et *limonite :* il faut aussi considérer comme produit secondaire la chalcosite observée par Bastin dans les fissures ou à la périphérie des plages des sulfures primaires à leur contact avec les silicates.

Ces minerais sont très irrégulièrement distribués dans l'evergreenite et ils se concentrent surtout dans les parties des filons qui sont tellement riches en débris des épontes que la roche prend un aspect bréchiforme. Ces fragments anguleux (quartz, schistes cristallins) sont entourés par les minerais, mais non pas pénétrés par eux. Les enclaves schisteuses sont très micacées (biotite); elles sont généralement séparées de la roche englobante par une zone plus ou moins épaisse de diopside vert; dans tous les échantillons étudiés, j'ai constaté que la composition de celle-ci diffère de celle de l'evergreenite dépourvue d'enclaves par l'absence de la wollastonite et la plus grande abondance du diopside; il s'agit là d'un phénomène de dissolution par le magma de la roche étrangère; cette dernière étant riche en magnésie et en fer, la totalité du métasilicate de chaux du magma, au lieu de cristalliser sous forme de wollastonite, entre dans la constitution de diopside ferrifère.

M. Bastin, qui a discuté l'origine de l'evergreenite normale, considère tous ses minéraux calciques comme dus à la dissolution de sédiments calcaires par le magma, mais comme il n'existe pas de sédiments de cette nature dans le voisinage, il admet que l'endomorphisme s'est produit à une certaine distance du point où s'est effectuée la mise en place (1). Quant à l'origine du minerai, il n'est guère possible d'échapper à l'hypothèse magmatique.

La description qui vient d'être donnée montre que, les minerais de cuivre mis à part, l'evergreenite répond à la définition de mes dissogénites; elle doit être comparée en particulier à celles du Roc Blanc d'Orlu dans l'Ariège qui renferme de la wollastonite régulièrement distribuée et aussi à une variété analogue d'Antetezambato dans la région de Mahanoro, à Madagascar. Dans cette dernière les cristaux blancs de wollastonite fibreuse atteignent plusieurs centimètres de longueur; ils sont surtout abondants dans des veines qui ne sont pas moins quartzeuses que l'evergreenite américaine. Ce qui distingue cependant celle-ci des dissogénites que j'avais étudiées jusqu'à présent, c'est l'abondance de la wollastonite qui constitue jusqu'à 30 pour 100 de sa masse.

Toutes les dissogénites filoniennes sont, au point de vue de la genèse,

---

(1) La Idaho Springs formation comprend des gneiss, des schistes micacés avec ou sans sillimanite. Il existe aussi, mais dans une région autre que celle de l'Evergreen Mine, quelques bancs de roches calciques, grenatites, épidotites, pyroxénites, amphibolites.

à rapprocher des véritables pegmatites, mais je ne les ai jamais rencontrées qu'à la périphérie des massifs éruptifs et non pas dans ceux-ci.

J'ai trouvé à Madagascar, au milieu de la série gneissique, des roches comparables, au point de vue minéralogique, à celles qui viennent d'être passées en revue, mais qui ne forment pas de filons coupant les couches; elles se présentent en bandes irrégulières, interstratifiées au milieu de celles-ci; et présentent des passages ménagés avec elles. Ce sont vraisemblablement d'anciennes dissogénites ayant pris une structure granoblastique par suite d'une recristallisation qui les a transformées en schiste cristallin comme les gneiss basiques au milieu desquels on les observe.

Pour terminer je donne ci-dessous une série d'analyses (effectuées par M. Raoult) de dissogénites, les unes alcalines (granitiques ou syénitiques), ne renfermant, comme l'evergreenite, que des feldspaths alcalins; les autres calco-alcalines, syénitiques ou monzonitiques suivant la teneur plus ou moins grande du plagioclase associé au feldspath potassique. On voit par ces analyses que l'evergreenite appartient à la première catégorie dont elle constitue le type le plus pauvre en alumine et en alcalis, avec le minimum de prédominance de la potasse sur la soude; elle est en même temps la plus calcique des dissogénites filoniennes; ces caractères se traduisent par la plus grande abondance des métasilicates, mais comme, parmi ceux-ci, la wollastonite prédomine, la roche est blanche, en dépit de sa richesse en pyroxènes.

Les analyses 5 et 9 correspondent à des types à facies gneissique, 9 en particulier est comparable à l'evergreenite par sa teneur en alcalis et en chaux, mais comme, en même temps, elle contient beaucoup de magnésie, les métasilicates sont formés par du diopside et de l'amphibole, au lieu de wollastonite, enfin par suite d'une moindre teneur en silice, il n'existe pas de quartz.

Types alcalins.

1. *Dissogénite granitique.* Evergreenite, II'. (3) 4.1'.3'.
2. *Dissogénite syénitique, quartzifère.* Roc Blanc d'Orlu, Ariège, I (II).'5.1'.2(3).
3. *Dissogénite syénitique.* Soavinarivo, Madagascar. II.5.1.3.

Types calco-alcalins (Madagascar).

4. *Dissogénite granitique.* Mont Ampanobe. I.4.2.'3.
5. *Dissogénite* (facies gneissique). Alasora, S.-E. Tananarive. II.4(5).'2.2.
6. *Dissogénite monzonitique.* Bekitro, Androy, 'II.'5.'2.(2)3.

7. *Dissogénite monzonitique.* Sabotsy, W. Fianarantsoa. II.5.2.(2) (3).
8. *Dissogénite monzonitique.* Rivière Zanaka. II.5.(2) 3.3.
9. *Dissogénite* (facies gneissique). Vallée Sahandrambo. III.5.3.3.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
SiO^2	67,98	64,70	60,64	68,42	62,86	60,46	58,84	54,58	54,30
Al^2O^3	8,78	15,78	12,95	16,36	12,52	15,91	15,92	17,18	10,68
Fe^2O^3	1,09	1,39	3,72	0,07	1,58	3,21	2,76	4,95	0,67
FeO	1,63	0,68	2,57	0,51	1,41	2,67	1,63	1,31	3,75
MgO	0,53	0,46	1,58	0,68	4,04	2,05	4,50	1,91	8,88
CaO	13,16	4,36	6,76	3,78	8,10	4,32	5,50	8,84	15,94
Na^2O	2,81	3,34	4,00	3,01	1,79	2,95	2,85	3,02	2,02
K^2O	3,07	8,38	6,46	6,24	6,83	7,40	7,11	5,42	2,70
TiO^2	0,24	tr.	1,21	0,56	0,09	0,72	0,60	1,18	0,91
P^2O^5	0,19	0,14	0,23	0,22	0,09	0,17	0,31	0,75	0,12
H^2O (+)	0,13	0,63	0,12	0,32	0,72	0,33	0,23	0,25	0,19
» (—)	0,09	0,21	»	0,04	»	»	0,10	0,25	0,05
MnO	0,13	n. d.	n. d.	0,04	n. d.	0,15	n. d.	0,47	n.d.
	99,83	100,07	100,24	100,25	100,03	100,34	100,35	100,11	100,21

ASTRONOMIE. — *Observation de l'occultation de Mars par la Lune, le 5 novembre* 1924. Note de M. **G. Bigourdan.**

La Lune était à son neuvième jour et la figure de la planète était à la fois analogue à celle de la Lune, c'est-à-dire fortement gibbeuse, et tournée à peu près de la même manière. La disparition a été produite par le bord obscur de la Lune, qui a d'abord occulté le bord rond de la planète (1^{er} contact), puis son bord terminateur (2^e contact). La réapparition a eu lieu au bord brillant de la Lune, et c'est le bord rond de la planète qui s'est présenté le premier (3^e contact); enfin le 4^e contact a eu lieu entre le bord rond de la Lune et le bord terminateur de la planète.

Dans ces conditions, les contacts 1 et 3 étaient plus difficiles à observer, et j'ai noté seulement les second et quatrième.

Pendant l'observation le ciel était pur, mais les images étaient fort ondulantes, et même assez stridentes sur la Lune. Sur la planète on voyait bien la tache polaire australe, qui paraissait mal terminée; quant aux autres détails de la surface, on n'entrevoyait que ceux qui d'ordinaire sont les plus apparents.

Le contraste entre la teinte blanche de la Lune et la teinte rougeâtre de la planète a été surtout frappant à la réapparition.

L'observation a été faite à l'Équatorial de la Tour de l'Ouest, avec un

oculaire donnant un grossissement de 190 fois, et dans des conditions défectueuses pour la conservation de l'heure, car la pendule était en très mauvais état.

Voici les heures des contacts observés, en temps moyen civil (mérid. de Greenwich) :

2e contact.............	$19^h 52^m 25^s$	Incertitude.....	1 seconde au plus;
4e contact.............	$20^h 36^m 35^s$	Incertitude.....	2 à 3 secondes.

Après la réapparition, l'éclat de la Lune a empêché de distinguer la planète à l'œil nu pendant 25 minutes environ, soit jusqu'à $21^h 2^m$; mais à partir de ce moment elle est rapidement redevenue très facile à voir.

M. **Albert Brachet** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Les échelons de la vie.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Ed. Retterer. *Éléments d'Histologie. Structure et évolution de la matière vivante.*

M. **Charles Doyère** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la section de géographie et navigation, par le décès de M. *E. Bertin.*

M. **E. Brylinski** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des Applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *H. de Chardonnet.*

MM. **Jules Baillaud, Chevenard, E. Huguenard, A. Magnan** et **A. Planiol, L.-J. Simon** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des développements procédant suivant des fonctions f indéfiniment superposées et disposées en chaîne descendante.* Note de M. **Armand Cahen**, présentée par M. Paul Appell (¹).

Soient $f(z)$ une fonction positive, croissante ainsi que son inverse $\varphi(z)$; $R(z)$ une opération par excès, N un nombre positif. Si $\varphi(N)$ n'appartient pas à la suite $R(n)$ (n entier), il existe deux entiers consécutifs $a_1 - 1$ et a_1 tels que $R(a_1 - 1)$ et $R(a_1)$ comprennent N :

$$\varphi(N) = R(a_1) - \frac{R(a_1) - R(a_1 - 1)}{n_1}, \qquad N = f\left[R(a_2) - \frac{R(a_1) - R(a_1 - 1)}{n_1}\right] \qquad (n_1 > 1).$$

Nous opérons sur $\varphi(x_1)$ comme sur $\varphi(N)$, d'où une suite d'égalités

$$x_{k-1} = f\left[R(a_k) - \frac{R(a_k) - R(a_k - 1)}{x_k}\right] \qquad (x_k > 1),$$

$$N \sim f\left[R(a_1) - \cfrac{R(a_1) - R(a_1 - 1)}{f[R(a_2) - \cfrac{R(a_2) - R(a_2 - 1)}{f[R(a_3) - \cfrac{R(a_3) - R(a_3 - 1)}{f[\ldots]}}}\right]$$

ou plus simplement

$$N \sim [a_1, a_2, a_3, \ldots, a_k, \ldots] \qquad (f, R)$$

développement de *modules* a_i, de *quotients complets* x_i limité ou non, parfois périodique, pouvant diverger ou représenter un nombre $H \neq N$. S'il existe une période $[\overline{b_1, b_2, \ldots, b_n}]$ dite *caractéristique*, telle que tout développement $[a_1 a_2 \ldots a_k, \overline{b_1 b_2 \ldots b_n}]$ corresponde aux nombres N d'un segment BC (B exclu et C *représentatif*), nous dirons que le système (f, R) est *mono-*, *di-*, *tri-*, ..., *p-périodique*, suivant que $n = 1, 2, 3, \ldots, p$.

Les segments BC varient avec la partie irrégulière a_i du développement. Les points B représentent exclusivement l'ensemble des nombres à développement limité.

Monopériodicité. — Supposons que pour $z = 1$, f, φ et R soient égaux à *un*, que $R(2) = A > 1$. Si en même temps $\varphi'(1) < A - 1$, le système est monopériodique $[\overline{2}]$ et le nombre $\alpha > 1$ représentatif de la période caractéristique vérifie l'équation (satisfaite pour $x = 1$)

$$A - 1 - x[A - \varphi(x)] = 0. \qquad (1)$$

(¹) Cf. *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 934, et t. 178, 1924, p. 2230.

En effet posons $f(A) = x_0$, d'où $x_0 = \varphi(A)$; l'équation (1) admet au moins une racine comprise entre 1 et x_0. Soit α la plus petite, on a

$$(2) \qquad A - 1 - \alpha[A - \varphi(\alpha)] = 0 \qquad [\varphi(x) < A].$$

Tout nombre β compris entre 1 et α aura même développement que α. En effet son premier quotient complet ξ vérifie la relation

$$(3) \qquad A - 1 - \xi[A - \varphi(\beta)] = 0.$$

Comme $\varphi(\beta) < \varphi(\alpha)$ il résulte de (2) et (3) que $\xi < \alpha$. $\varphi(\xi)$ est donc compris entre 1 et A et par suite le développement de ξ aura 2 pour module, puisque $R(2) = A$ et comme quotient complet ξ', tel que $1 < \varphi(\xi') < A$, et ainsi de suite. On retrouve donc indéfiniment le même module 2.

Exemples monopériodiques :

1° $\quad f(z) = e^{z-1}, \quad \varphi(z) = 1 + \mathrm{Log}_e z \quad$ (condition $A > 2$);

2° $\quad f(z) = 1 + \mathrm{Log}_e z, \quad \varphi(z) = e^{z-1} \quad$ (condition $A > 2$);

3° $\quad f(z) = 1 + \mathrm{Log}_{10} z, \quad \varphi(z) = 10^{z-1} \quad \left(\text{condition } \frac{1}{\mathrm{Log}_{10} e} < A - 1\right)$.

Soit, par exemple,

$$R(z) = 444 z^2 - 443, \qquad R(1) = 1, \qquad R(2) = A = 1333.$$

$$4 = 1 + \mathrm{Log}_{10}\left[1333 - \cfrac{1332}{1 + \mathrm{Log}_{10}\left[1333 - \cfrac{1332}{1 + \mathrm{Log}_{10}[\ldots]}\right]}\right] \sim 1 + 3\theta \qquad (0 < \theta \leqq 1).$$

4° $\quad f(z) = \sqrt[m]{z}, \quad \varphi(z) = z^m \quad$ (condition $A > m + 1$),

radicaux d'ordre m superposés.

5° $\quad f(z) = \sqrt{z} \quad \varphi(z) = z^2 \quad$ [condition $A = R(2) > 3$].

Soit, par exemple,

$$R(z) = 10(z^2 - 1) + 1, \qquad A = 31,$$

$$5 = \sqrt{31 - \cfrac{30}{\sqrt{31 - \cfrac{30}{\sqrt{31 - \ldots}}}}} \sim 1 + 4\theta \qquad (0 < \theta \leqq 1).$$

6° $\quad f(z) = z^m, \quad \varphi(z) = \sqrt[m]{z} \quad \left(\text{condition } A > 1 + \frac{1}{m}\right)$,

puissances d'ordre m superposées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions prenant plusieurs fois dans un cercle les valeurs* 0 *et* 1. Note de M. **A. Bloch**, présentée par M. Hadamard.

Dans son Mémoire *Sur les familles quasi-normales de fonctions holomorphes* [1], M. P. Montel a établi un important critère de famille quasi-normale, et l'a appliqué à la généralisation du théorème de M. Landau. On peut, en utilisant pleinement le critère en question, obtenir des résultats plus complets.

D'après M. Montel (*op. cit.*, p. 12) la famille des fonctions holomorphes dans un domaine et qui n'y deviennent pas p fois égales à 0 et pas q fois égales à 1, est une famille quasi-normale dont l'ordre ne dépasse pas le plus petit des nombres $p-1$ et $q-1$.

On conclut de là, par un raisonnement identique à celui des pages 15 et 29 de l'Ouvrage cité :

Soit $f(x)$ une fonction holomorphe autour de l'origine et représentée par le développement

$$f(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_p x^p + \ldots,$$

où a_p n'est pas nul. A tout entier positif q l'on peut faire correspondre un nombre R_q ne dépendant que de $a_0, a_1, \ldots, a_p$, tel que dans le cercle de centre origine ayant R_q pour rayon, ou la fonction $f(x)$ cesse d'être holomorphe, ou elle prenne p fois la valeur 0, *ou elle prenne q fois la valeur* 1.

On peut trouver un cercle de centre origine et de rayon R ne dépendant que de $a_0, a_1, \ldots, a_p$, où la fonction cesse d'être holomorphe, ou bien devient au moins $2p$ fois en tout égale à 0 *ou* 1.

En particulier :

On peut trouver un cercle de rayon $R_q(a_0, a_1)$ où la fonction, supposée holomorphe et ne s'y annulant pas, prend q fois la valeur 1.

On peut trouver un cercle de rayon $R(a_0, a_1)$ où la fonction, supposée holomorphe, devient au moins deux fois en tout égale à 0 *ou* 1.

Cette dernière proposition est d'ailleurs une conséquence immédiate du théorème de M. Landau : on peut prendre pour $R_q(a_0, a_1)$ le plus grand

(1) *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, 5e série, t. 8, 1922, p. 10.

des rayons des q cercles où $(a_0 + a_1 x + \ldots)^{\frac{1}{q}}$ devient certainement égale aux q racines $q^{\text{ièmes}}$ de l'unité.

Pour la détermination exacte des rayons des cercles (des plus petits que l'on puisse prendre) il y aurait peut-être intérêt à étudier d'abord ce cas particulier.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques théorèmes de M. R. Nevanlinna.* Note [1] de M. **E. F. Collingwood**, présentée par M. Emile Borel.

Dans un Mémoire récent [2], M. R. Nevanlinna a donné d'importantes propositions sur la distribution des zéros des fonctions entières et des fonctions holomorphes dans un cercle. Je me propose ici d'apporter quelques compléments à ses résultats et de montrer que, dans le cas des fonctions entières d'ordre fini, ils peuvent être déduits simplement des propositions connues de la théorie classique.

Si a est un nombre réel positif nous désignons par $\overset{+}{\log} a$ la quantité $\log a$ si $a > 1$ et la quantité 0 si $a \leqq 1$.

Si $f(z)$ est une fonction holomorphe pour $|z| < R$, nous posons

$$m(r, f) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} |f(re^{i\theta})|\, d\theta; \qquad N(r, f) = \int_0^r \frac{n(t, f)}{t}\, dt,$$

$n(t, f)$ désignant le nombre des zéros non nuls de $f(z)$ dans le cercle $|z| \leqq t$. D'après le théorème de Jensen, on a

$$m(r, f) = m\left(r, \frac{1}{f}\right) + N(r, f) + C_0 + n_0 \log r. \tag{1}$$

Considérons μ nombres $x_1, x_2, \ldots, x_\mu$, quelconques mais distincts; on peut trouver un nombre $\varepsilon < 1$ tel que

$$\varepsilon < \frac{1}{2}|x_\xi - x_\eta| \qquad \begin{pmatrix} \xi = 1, 2, \ldots, \mu \\ \eta = 1, 2, \ldots, \mu \end{pmatrix}.$$

Soit E_ν l'ensemble des valeurs θ comprises dans l'intervalle $(0, 2\pi)$ pour

(1) Séance du 3 novembre 1924.

(2) R. Nevanlinna, *Untersuchungen über den Picard'schen Satz* (*Acta Soc. sc. Fennicae*, t. 50, n° 6, 1924, p. 1).

lesquelles

$$|f(re^{i\theta}) - x_\nu| \leqq \varepsilon.$$

et soit D_ν l'ensemble complémentaire de E_ν dans ce même intervalle $(0, 2\pi)$. Les ensembles $E_1, E_2, \ldots, E_\nu$ n'ont évidemment aucun point commun. On a

$$(2)\quad \int_0^{2\pi} \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f'(re^{i\theta})}\right| d\theta \geqq \sum_{\nu=1}^{\mu} \int_{E_\nu} \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f'(re^{i\theta})}\right| d\theta$$

$$\geqq \sum_1^{\mu} \int_{E_\nu} \log\left|\frac{1}{f(re^{i\theta}) - x_\nu}\right| d\theta - \sum_1^{\mu} \int_{E_\nu} \overset{+}{\log}\left|\frac{f'(re^{i\theta})}{f(re^{i\theta}) - x_\nu}\right| d\theta.$$

Or

$$\int_{E_\nu} \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f - x_\nu}\right| d\theta$$

$$= \int_0^{2\pi} \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f - x_\nu}\right| d\theta - \int_{D_\nu} \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f - x_\nu}\right| d\theta > m\left(r, \frac{1}{f - x_\nu}\right) - 2\pi \log\frac{1}{\varepsilon}.$$

En remplaçant dans l'inégalité (2), nous obtenons

$$(3)\qquad m\left(r, \frac{1}{f'}\right) > \sum_{\nu=1}^{\mu} m\left(r, \frac{1}{f - x_\nu}\right) - \sum_{\nu=1}^{\mu} m\left(r, \frac{f'}{f - x_\nu}\right) - \mu \log\frac{1}{\varepsilon}.$$

Appliquons alors l'égalité (1) à chacune des fonctions $m\left(r, \frac{1}{f - x_\nu}\right)$ et à $m\left(r, \frac{1}{f'}\right)$, en remarquant que $m(r, f') \leqq m(r, f) + m\left(r, \frac{f'}{f}\right)$, nous aurons

$$\sum_1^{\mu} m(r, f - x_\nu) - m(r, f) < \sum_1^{\mu} N(r, f - x_\nu) - N(r, f')$$

$$+ \sum_{\nu=0}^{\mu} m\left(r, \frac{f'}{f - x_\nu}\right) + \mu C + K \log\left(r + \frac{1}{r}\right),$$

avec $x_0 = 0$ et enfin, *nous arrivons à la formule générale*

$$(4)\qquad (\mu - 1)\, m(r, f) < \sum_1^{\mu} N(r, f - x_\nu) - N(r, f')$$

$$+ \sum_0^{\mu} m\left(r, \frac{f'}{f - x_\nu}\right) + \mu C + K \log\left(\frac{1}{r} + r\right),$$

où C *est une constante dépendant de* $x_1, x_2, \ldots, x_\nu$.

Dans le cas général on suivra alors la méthode de M. Nevanlinna. Mais

supposons que $f(z)$ soit une fonction entière d'ordre fini ρ. On sait alors [1] qu'on peut trouver un nombre K dépendant de ρ tel que l'inégalité

$$\left|\frac{f'(re^{i\theta})}{f(re^{i\theta})-x_\nu}\right| < r^K \tag{5}$$

soit satisfaite sauf pour un ensemble de valeurs de r, de mesure totale finie. Nous pouvons donc trouver une suite $r_1, r_2, \ldots, r_\lambda, \ldots$ de valeurs indéfiniment croissantes de r pour lesquelles

$$(\mu-1)\,m(r_\lambda, f) < \sum_1^\mu N(r_\lambda, f-x_\nu) - N(r_\lambda, f') + (\mu+1)K\log r_\lambda \tag{6}$$

et nous obtenons le résultat suivant [2] :

Si $f(z)$ est une fonction entière d'ordre fini et $x_1, x_2, \ldots, x_\mu$ des nombres distincts, on a

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\frac{\sum_{\nu=1}^{\mu} N(r, f-x_\nu)}{m(r,f)} \geqq \overline{\lim_{r_\lambda=\infty}}\frac{\sum_1^\mu N(r_\lambda, f-x_\nu)}{m(r_\lambda, f)} \geqq \mu-1. \tag{7}$$

Il en découle de suite que *l'inégalité*

$$\underline{\lim_{r=\infty}}\frac{N(r, f-x)}{m(r,f)} \leqq \Theta < 1 \tag{8}$$

ne peut être satisfaite pour plus de $\left[\frac{1}{1-\Theta}\right]$ valeurs différentes de x. Dans le cas $\mu = 2$ et $\Theta < \frac{1}{2}$, ce résultat se réduit à celui de M. Nevanlinna [3].

Des propositions analogues peuvent être établies pour les fonctions $f(z)$ régulières et d'ordre fini dans le cercle $|z| < 1$.

Ces résultats restent valables lorsque les nombres x_ν sont remplacés par des polynomes de degré q en z, il suffit de considérer $f^{(q+1)}(z)$.

---

(1) Voir par exemple G. VALIRON, *Theory of integral functions*. Privat, 1923, p. 74.

(2) M. Littlewood m'a informé qu'il a obtenu ce même résultat d'une façon indépendante.

(3) *Loc. cit.*, p. 22.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités des séries de fractions rationnelles.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Si R est un continuum (ensemble d'un seul tenant ne possédant que des points intérieurs) dont la frontière F contient le point a, et si les points α_m distincts de a sont tous étrangers à R, peut-on affirmer que, du point de vue du prolongement analytique de Weierstrass, a est nécessairement une singularité pour toute fonction $f(x)$ égale dans R à la somme d'une série

$$\frac{1}{z-a}+\sum_{1}^{\infty}\frac{A_m}{z-\alpha_m}, \tag{1}$$

la série A_m étant absolument convergente?

Rappelons ou posons les définitions suivantes, dont la première idée est due à M. Schœnflies.

Soit α un point de R. S'il existe un arc de Jordan (αa) d'origine α, d'extrémité a, intérieur à R sauf par le point a (s'il existe un tel arc pour un point α', il en existe un pour tout point α), envisageons son diamètre (écart maximum de deux points de l'arc), et soit $d(\alpha a)$ la borne inférieure de ce diamètre pour une position donnée de α. Cela posé, a sera dit :

1° *Accessible depuis* R, si (αa) existe quel que soit α et si $d(\alpha a)$ tend vers zéro en même temps que la distance rectiligne $\overline{\alpha a}$;

2° *Semi-accessible*, si (αa) existe quel que soit α, mais si sa plus grande limite, quand $\overline{\alpha a}$ tend vers zéro, est *positive* (la plus petite limite est évidemment nulle);

3° *Inaccessible*, si (αa) n'existe pas.

Il est possible de réaliser avec des développements (1) les cas suivants :

Exemple I (a inaccessible). — Il existe un cercle γ de centre a, tel que, si R'_i est l'une quelconque des régions distinctes (elles sont en infinité) formées par les points intérieurs à la fois à γ et à R, la somme de la série (1) coïncide dans R'_i avec une fonction $f_i(x)$ holomorphe dans la totalité de γ. Si a est *semi-accessible*, la propriété précédente est seulement réalisée par certaines (en infinité) des régions R'_i.

Exemple II (même cas). — Soient p un ensemble parfait discontinu de l'axe réel, ξ l'un de ses points, $\xi'=\xi+i$, p' l'ensemble des points ξ', P l'ensemble parfait formé des segments $\xi\xi'$. Tout point d'un tel segment sera dit point de deuxième espèce de P, si ξ est point de deuxième espèce sur p.

Soit a donné, de deuxième espèce sur P. On peut situer les α_m tous sur P (et de deuxième espèce), partout denses sur P (en sorte que chacun d'eux est point fron-

tière de R) et réaliser la série (1) de façon que *sa somme hors de* P, soit $f(x)$, *ait uniquement pour points singuliers les points de* p *et ceux de* p'.

Soient $a_n b_n$, $a_q b_q$ ($b_n < a_q$) deux intervalles contigus de p, a_0 son origine, b_0 son extrémité.

Un contour fermé décrit à partir d'un point initial quelconque x *étranger à* P, et soit dans le sens direct autour du segment rectiligne $\overline{a_0 a_n}$ ou autour de $\overline{b'_n b'_0}$, soit dans le sens rétrograde autour de $\overline{b_n b_0}$ ou autour de $\overline{a'_0 a'_n}$ (les autres parties de p et de p' étant dans tous les cas laissées à l'extérieur du contour) *accroît* $f(x)$ *d'un polynome-période* $P_n(x)$.

Si l'on tourne dans le sens direct autour de $b_n a_q$ ou dans le sens rétrograde autour de $\overline{b'_n a'_q}$, $f(x)$ s'accroît de $P_q(x) - P_n(x)$.

On peut assujettir la série (1) à contenir, outre le terme $\frac{1}{z-a}$, d'autres termes donnés indifféremment en nombre limité ou illimité, et dont les pôles ainsi que leurs points limites sont de seconde espèce sur P.

Exemple III (a accessible). — Il est possible de réaliser la série (1) de façon qu'il existe dans R une infinité de points a_n tendant vers a, a_n étant centre d'un cercle γ_n englobant a, et tel que la somme de la série autour de a_n est prolongeable et holomorphe dans la totalité de γ_n.

Le rayon ρ_n de γ_n est infiniment petit avec $\overline{a_n a}$, mais d'un ordre aussi faible qu'on le veut par rapport à ce dernier.

Les possibilités mises en évidence par ces exemples sont limitées par divers théorèmes dont voici un cas particulier.

Théorème. — *Il est impossible que, en tous les points communs à* R *et à un cercle* γ *de centre* a, *la somme de la série* (1) *coïncide avec une même fonction holomorphe dans* γ.

Si a *est accessible*, nous considérons qu'en vertu de la propriété précédente, *a est un point singulier de* $f(x)$.

Corollaire. — *Si les pôles apparents d'une série* (1) *sont tous situés sur une courbe simple fermée de Jordan* C, *et y sont partout denses*, *cette courbe est une coupure essentielle* (infranchissable pour le prolongement analytique de Weierstrass, sinon pour celui de Borel), *pour chacune des deux fonctions analytiques définies par la série*, *respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de* C.

Je signale un théorème d'*Analysis Situs* que j'ai rencontré dans la démonstration du dernier théorème.

Soient A un arc de Jordan *simple* et ouvert [ensemble $\zeta = \varphi(t)$ défini pour t *fini* réel, non négatif; φ continu; l'égalité $\zeta = \zeta'$ exigeant $t = t'$] ne contenant pas a, L une demi-droite issue de a, l'origine $b_0 = \varphi(0)$ de A étant sur L. Soient b un point commun à L et à A, N(b) la variation de $\frac{1}{2\pi}$ arg $(z - a)$

quand z décrit l'arc $(b_0 b)$ de A suivi par le segment rectiligne $\overline{bb_0}$ de L, $N(b, \alpha)$ la variation analogue de $\frac{1}{2\pi} \arg(z - \alpha)$, α étant un point quelconque étranger à L et à A (L peut être remplacé par un arc simple de Jordan joignant a au point à l'infini).

Supposons que *les points b*, sauf b_0, *soient tous sur l'intervalle* $\overline{ab_0}$, et que a *soit point limite des b*. Sous ces conditions, *on peut choisir parmi les b une suite b_p tendant vers a de façon que, quel que soit* α :

1° *Si* $|N(b)| \leqq M$, M *étant indépendant de b, on a* $|N(b_p, \alpha)| \leqq M + 1$;

2° *Si* $N(b)$ *n'est pas borné, on a* $|N(b_p, \alpha)| \leqq |N(b_p)|$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Polarisation de la planète Saturne.* Note [1] de M. **Lyot**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai montré précédemment que la Lune, Mars et Mercure [2] polarisent la lumière comme des corps solides; que la polarisation de Vénus [3] semble être due au contraire à des nuages, tandis que celle de Jupiter [4] serait due, en partie à des nuages, en partie à une atmosphère.

Sur Saturne, bien que l'angle de diffusion (distance angulaire de la Terre et du Soleil) ne dépasse jamais 6°, les premières observations effectuées en mai et juin 1922 ont montré une polarisation relativement forte et inverse de celle des autres planètes éclairées dans les mêmes conditions.

Deux autres séries de mesures ont été effectuées pendant les mois d'avril, mai et juin 1923 et 1924; la première avec une lunette de $0^{m},175$, la seconde avec le grand équatorial de l'Observatoire de Meudon : elles ont montré une polarisation assez uniforme, un peu plus forte cette année sur la zone tropicale, que sur la bande tempérée nord. Les proportions moyennes de lumière polarisée ont été portées en ordonnées sur les courbes A et B en les considérant comme positives ou négatives, suivant que le plan de polarisation était parallèle ou normal au plan de diffusion.

Sur la calotte nord de Saturne, seule visible cette année, des phénomènes analogues à ceux des pôles de Jupiter ont pu être observés grâce à la luminosité des images fournies par la grande lunette : A l'opposition du 18 avril

(1) Séance du 3 novembre 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 1796.
(3) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 1015.
(4) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 671.

dernier le pôle nord présentait, sur une étendue dépassant les $\frac{2}{10}$ du diamètre polaire, une polarisation est-ouest, nettement supérieure à celle des autres parties du disque. Celle-ci était de 22 millièmes au bord nord, s'élevait à 26 au pôle même et diminuait ensuite vers le sud jusqu'à se fondre avec la polarisation générale de la planète, au delà des limites de la calotte gris bleu dont le pôle était recouvert. Le plan de polarisation était comme sur les pôles de Jupiter, en chaque point sensiblement normal au rayon.

Cet aspect est resté invariable pendant tout le mois d'avril. L'étendue de la zone présentant la polarisation anormale diminua très rapidement les premiers jours de mai pour être limitée, le 10, à la calotte gris bleu.

A partir de cette date, cette région et la calotte diminuèrent en restant confondues jusqu'aux premiers jours de juin, où elles n'occupèrent plus qu'une largeur d'environ $\frac{1}{15}$ du diamètre polaire.

Pendant le reste du mois de juin, la calotte sombre reprit, en subissant quelques fluctuations, l'étendue qu'elle avait lors de l'opposition, mais la polarisation resta limitée à une étroite région entourant le pôle et diminua en intensité jusqu'à 8 ou 10 millièmes.

Pendant le retrait de la calotte sombre, la zone claire comprise entre elle et la bande tropicale grise se développait et prenait en son milieu une polarisation nord-sud inverse de celle des autres parties du disque. Cette polarisation atteignit une valeur de 3 millièmes le 16 juin, diminua ensuite rapidement et s'inversa à la fin du mois pour devenir égale à celle des régions centrales de la planète.

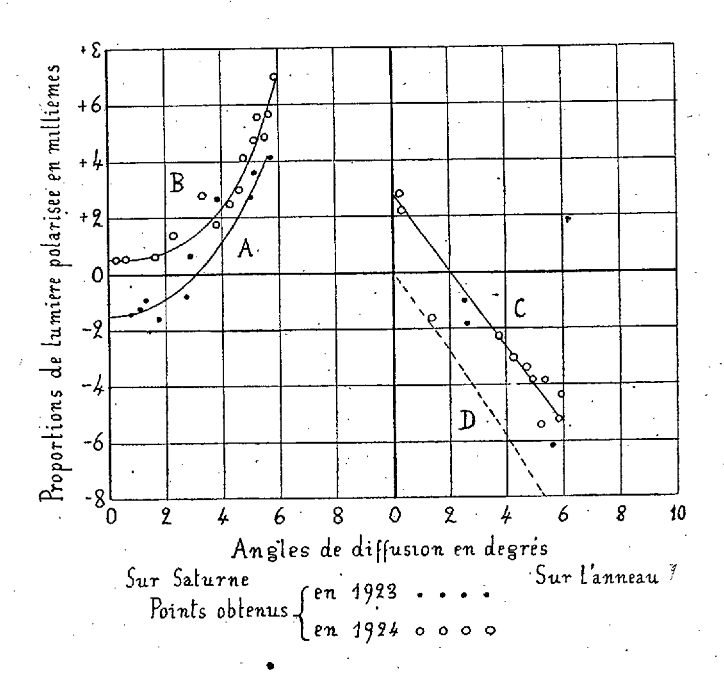
L'anneau de Saturne a été également le siège de phénomènes très curieux : A l'opposition ses différents points étaient polarisés dans des plans radiaux, la proportion étant de 2,5 millièmes aux sommets, plus forte dans la partie antérieure des anses et presque insensible au contraire dans la partie postérieure.

A la fin d'avril, l'angle de diffusion des rayons solaires atteignant 1°, cet aspect se modifia par la superposition d'une polarisation générale nord-sud : les sommets s'inversèrent et les plans de polarisation des différents points des anses tournèrent en se rapprochant de cette direction, si bien qu'au moment de la quadrature tout l'anneau était polarisé à peu près nord-sud.

Près des sommets la proportion était plus forte dans la région postérieure; près de la planète, au contraire, la branche antérieure était la plus polarisée.

Tous ces phénomènes conduisent à attribuer la polarisation radiale de

l'anneau à la lumière que lui envoie l'hémisphère éclairé de Saturne. En effet, l'anneau diffuse cette lumière vers nous dans des plans sensiblement radiaux et la polarise ainsi parallèlement à ces plans; à l'opposition, elle se trouve mélangée à la lumière naturelle qu'il reçoit directement du Soleil et diffuse vers nous sans la polariser, en proportion plus grande pour les régions antérieures qui sont les plus éclairées par la planète.



Ces résultats montrent que, comme la Lune, Mars et Mercure, l'anneau polarise la lumière négativement pour les petits angles de diffusion et positivement pour les angles voisins de 90°. Comme on le voit sur la figure, les points obtenus entre 0° et 6° aux sommets des anses se placent sur une courbe C parallèle à celle de la Lune D et décalée d'environ 3 millièmes vers les ordonnées positives. La polarisation de l'anneau pour l'angle de 90° est égale au produit de cette valeur par le rapport des éclairements que les sommets des anses reçoivent du Soleil et de la planète; elle est par conséquent de 120 millièmes environ et même un peu plus faible si l'on tient compte de ce que la lumière de Saturne est déjà polarisée Est-Ouest. Cette polarisation est du même ordre que celle de la Lune au premier quartier.

Les polarisations positives observées dans les régions centrales de Saturne peuvent être attribuées à la diffusion de la lumière solaire par une atmo-

sphère très épaisse et transparente. Les bandes nuageuses que l'on y voit seraient placées en général à un niveau très bas, comme le montrent leur teinte jaunâtre et leur aspect voilé, sauf dans le cas de la zone présentant la polarisation inverse, qui pourrait être simplement une bande nuageuse élevée, recouvrant en partie la calotte polaire, et dont la polarisation négative dominerait comme celle des nuages de Jupiter.

ASTRONOMIE. — *Observations de la planète Baade, faites à l'Observatoire de Paris.* Note de MM. **Giacobini** et **Fatou**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1924.	Temps moyen de Paris.	ΔÆ.	Δδ.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parallaxe.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 6...	9.42.30	+1,30,57	−2.44,6	9:6	22.13. 0,14	9,383	+6.36.37,5	0,782	1
» 7...	6.11. 2	−2,47,75	−1.51,5	12:8	22.16.56,44	8,299*n*	+6. 7.53,2	0,778	2
» 8...	5.33. 0	+1.31,96	+1. 5,6	12:8	22.21.23,82	9,210*n*	+5.35.49,9	0,784	3
» 8...	7.56.16	+1.58.63	−2. 5.7	12:8	22.21.50,49	9,210*n*	+5.32,38,6	0,784	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne pour 1924,0.	Réduction au jour.	δ moyenne pour 1924,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..........	8,2	22.11.27,38	+2,19	+6.39. 0,4	+21,7	Leipzig II, 11183
2..........	8,3	22.19.41,99	+2,20	+6. 9.23,3	+21,4	Leipzig II, 11250
3..........	8,7	22.19.49,65	+2,21	+5.34.23,1	+21,2	Leipzig II, 11253

Remarques. — Cet astre désigné sous le nom d'objet avait d'abord été recherché comme comète en raison de sa marche rapide. Son aspect actuel est celui d'une planète de grandeur 9,3.

Les trois premières observations ont été faites par M. Giacobini à l'Équatorial de la Tour de l'Est. La quatrième a été faite par M. Fatou à l'Équatorial de la Tour de l'Ouest.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un essai de dosage quantitatif du thorium X.* Note de M. **Ferdinando Gazzoni**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons entrepris une étude des conditions dans lesquelles on peut séparer quantitativement les thorium X, séparation qui intéresse à la fois la science pure et la thérapie.

La matière que nous avons utilisée était du radiothorium extrait d'une

préparation de mésothorium et ayant un rayonnement γ équivalent à celui de 2^{mg} de radium environ. A ce radiothorium presque pur, nous avons ajouté une petite quantité de thorium ou d'aluminium (2^{mg}). Dans le premier cas, nous avons employé la précipitation du thorium par l'eau oxygénée. Dans le second cas, l'aluminium a été précipité par l'ammoniaque. Dans les deux cas, le thorium X reste en solution; mais, si la précipitation a été faite par H^2O^2, la solution filtrée contient le thorium X et son dépôt actif; si elle a été faite par NH^3, on trouve en solution le thorium X seul.

Nous avons trouvé que, par une seule précipitation, on peut extraire jusqu'à 50 pour 100 du thorium X présent dans nos préparations de radiothorium en équilibre, et qu'il faut 4 ou 5 précipitations successives pour atteindre la proportion de 85 à 90 pour 100.

Dispositif expérimental. — Avant de faire la séparation du thorium X, on mesure le rayonnement γ de l'ampoule qui contient le radiothorium en équilibre avec le thorium X, la mesure étant faite par comparaison avec un étalon de radium de $1^{mg},77$, dans une chambre d'ionisation protégée par une feuille de plomb d'épaisseur de 2^{mm}.

Aussitôt après la mesure, on ouvre l'ampoule en notant le moment d'ouverture; la matière est alors dissoute et l'on précipite le radiothorium par AzH^3 ou bien par H^2O^2. Les précipitations successives sont faites très rapidement à l'aide de très petits récipients soigneusement nettoyés et de réactifs purifiés.

La solution filtrée, qui contient le thorium X, est mise dans une ampoule de verre de 3^{mm} de diamètre et dont l'épaisseur des parois est de $0^{mm},15$, exactement semblable à celle qui avait servi à mesurer le mélange du radiothorium et du thorium X. La solution est évaporée dans cette ampoule, et celle-ci est fermée à la lampe.

Si l'on opère avec l'ammoniaque, on chasse soigneusement les sels ammoniacaux, on reprend le résidu par l'eau acidulée, et l'on achève l'opération comme précédemment. L'ampoule ainsi préparée est mesurée de la même manière que celle qui contenait le radiothorium et le thorium X.

Dans les meilleures conditions, nous avons pu accomplir en 12 heures toutes les opérations ici décrites, l'évaporation dans les petites ampoules demandant quelques heures.

Dans le mélange de thorium X et de dépôt actif, le rayonnement γ provient de thorium C et de thorium D, qui se forment de thorium X par l'intermédiaire du thoron, de thorium A et thorium B.

En raison de la valeur relative des vies moyennes on peut, en première approximation, tenir compte seulement du thorium X et du thorium B, dont les constantes radioactives sont

$$\lambda_1 = 0,1899 \frac{1}{\text{jour}}, \qquad \lambda_2 = 1,567 \frac{1}{\text{jour}}.$$

Si le thorium X est séparé de son dépôt actif il y aura formation de celui-ci, de sorte que le rayonnement passera par un maximum et décroîtra ensuite, suivant une loi qui tend à la limite vers la décroissance exponentielle du thorium X.

La quantité N_2 de thorium B est alors reliée à la quantité initiale N_1 de radiothorium par l'expression

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{1(0)} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t});$$

le maximum de la courbe a lieu pour

$$T_{max} = \frac{\log \lambda_2 - \log \lambda_1}{(\lambda_1 - \lambda_2) \log e},$$

c'est-à-dire pour 2,50 jours. Ensuite s'établit la décroissance.

Quand l'état de régime est atteint entre le thorium X et le thorium B, on a

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1},$$

tandis que dans la première mesure, où le thorium X et le thorium B étaient en équilibre avec le radiothorium, on avait la relation

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

Construisons la courbe logarithmique du rayonnement et prolongeons la droite limite de manière à obtenir le rayonnement extrapolé à l'origine du temps pour en déduire la quantité de thorium X séparé. Il conviendra de multiplier les résultats obtenus par le facteur

$$\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2} = 0,88.$$

Ces expériences prouvent, que lors de la précipitation du radiothorium par H^2O^2 ou AzH^3 en présence du thorium ou de l'aluminium, le thorium X est entraîné partiellement par le précipité. Cet entraînement a été plus important dans la précipitation de thorium par H^2O^2 que dans celle de l'aluminium par AzH^3, de sorte que le rendement a été moins bon.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la définition et la préparation des hexamétaphosphates*. Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

I. Depuis Fleitmann, on a considéré comme un hexamétaphosphate le « sel soluble de Graham », obtenu par la trempe des métaphosphates de sodium fondus; seul, Tammann a préféré réserver cette dénomination aux sels gommeux dérivés des métaphosphates alcalins insolubles.

Après avoir fait le procès de cette dernière opinion, nous avons attiré l'attention sur la mauvaise définition des produits de trempe, qui contiennent souvent côte à côte des sels plus condensés et moins condensés que l'hexamétaphosphate; nous avons donné le moyen d'obtenir un produit pur à partir du trimétaphosphate porté juste à fusion. Nous voudrions aujourd'hui préciser la constitution du sel de Graham et montrer comment on peut préparer les hexamétaphosphates véritables.

Le sel soluble de Graham, à l'état de pureté, est plus ionisé en solution que les prodnits analogues obtenus sans précaution spéciale; la mesure des conductibilités à 25° et l'examen cryoscopique fournissent les caractéristiques

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 54,2 - 34,0 = 20,3;$$

poids moléculaire apparent :

$$PM_a = 242.$$

Le sel de Graham doit donc dériver d'un anion bivalent et sa formule

$$[(PO^3)^{n+2}Na^n]Na^2,$$

correspond normalement à trois ions en solution.

Mais alors

$$PM_a \geqq \frac{1}{3}(PO^3Na)^{n+2} \qquad \text{ou} \qquad 242 \geqq \frac{1}{3}(n+2) \times 102,$$

d'où

$$n \leqq 5.$$

D'autre part, nous avons constaté la possibilité de remplacer le tiers du sodium par le plomb dans un sel soluble $[(PO^3)^6Na^4Pb]^p$, ce qui fournit la relation supplémentaire

$$n + 2 = m.3.$$

Des deux solutions possibles : $n = 1$ et $n = 4$, nous préférons la seconde,

qui fait du sel de Graham un hexamétaphosphate complexe

$$[(PO^3)^6 Na^4] Na^2,$$

car on représente ainsi la faculté qu'il possède de donner des complexes ferriques et uranyliques où nous avons constaté déjà la présence du groupe $(PO^3)^6$; on explique également comment ces produits d'hydrolyse à chaud présentent les réactions caractéristiques des hexamétaphosphates véritables.

II. Nous avons déjà signalé que les sels alcalins régénérés par réaction des sulfates sur le précipité plombique du sel de Graham étaient complètement différents du sel alcalin originel.

Beaucoup plus ionisés en solution, ils donnent bien encore les mêmes complexes ferriques et uranyliques, mais, contrairement au sel de Graham, ils précipitent aussitôt par les sels de plomb et présentent surtout la propriété caractéristique de donner à chaud, avec les sels de nickel, un précipité qui se redissout à froid. Leur constitution spéciale est traduite quantitativement pour le sel de potassium par les données suivantes :

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 142 - 89,3 = 52,7, \qquad PM_a = 81.$$

On ne peut conclure de ces chiffres à la structure complexe

$$[(PO^3)^{n+5} K^n] K^5,$$

car on devrait avoir, par un raisonnement analogue au précédent, les conditions incompatibles :

$$n < 0 \quad \text{et} \quad n + 5 = m.6.$$

D'autre part, la faiblesse du poids moléculaire apparent implique, non seulement une ionisation totale du potassium, mais encore la destruction partielle du radical polymétaphosphorique en solution, car la libération des six ions K (pour la valeur minima : $n = 1$) donnerait un poids moléculaire apparent encore trop fort : $PM_a = \frac{118 \times 6}{7} = 101$. La différence $\lambda_{1024} - \lambda_{32}$ est donc certainement connue par défaut, mais on peut rétablir rigoureusement l'accord entre les données physico-chimiques en regardant le nouveau sel comme dérivé d'un hexacide dont l'anion, pour 14 pour 100, serait dissocié en solution diluée avec libération de six ions monovalents PO^3.

Les sels dérivés du précipité plombique du sel de Graham seraient donc les hexamétaphosphates normaux, auxquels se rattacherait le sel de plomb lui-même, et la facilité avec laquelle le complexe $(PO^3)^6$ émet l'anion simple PO^3 des monométaphosphates expliquerait le passage inattendu des

éthers hexamétaphosphoriques aux monométaphosphates alcalins, par lequel nous avons obtenu ces derniers corps pour la première fois.

En résumé, le sel soluble de Graham se comporte comme un hexamétaphosphate complexe, à sodium masqué : $[(PO^3)^6Na^4]Na^2$; peu stable en solution, il précipite par les sels de plomb en excès un hexamétaphosphate, dont on peut faire dériver les sels alcalins correspondants $(PO^3)^6M^6$; ces derniers, enfin, passent assez facilement aux monométaphosphates PO^3M.

Ainsi se trouvent éclaircies les dernières difficultés que nous avions signalées au cours de notre étude des polymétaphosphates [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la force théorique et du covolume des explosifs.* Note [2] de M. E. **Burlot**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La force théorique f et le covolume α des explosifs sont déterminés expérimentalement : on brûle l'explosif en vase clos, dans l'éprouvette manométrique de M. Vieille, afin de mesurer la pression p correspondant à une densité de chargement Δ déterminée, ainsi que les différents gaz et les résidus solides résultant de la combustion.

La connaissance des pressions p en fonction de Δ permet de tracer la droite

$$\frac{p}{\Delta} = f + \alpha p$$

qui traduit la loi d'Abel à laquelle se réduit la loi de Van der Waals-Clausius pour les températures élevées :

L'analyse des produits de la combustion donne le V_0 et permet le calcul de

$$f = \frac{P_0 V_0 T}{273}$$

si l'on connaît les lois des chaleurs spécifiques. On se sert généralement des chaleurs spécifiques moyennes de MM. Mallard et Le Chatelier ou de celles de Sarrau.

Que l'on utilise la mesure des pressions ou l'analyse des produits de la combustion, on devrait obtenir des valeurs extrêmement voisines pour f et

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. 35, 1924, p. 1139.

(2) Séance du 3 novembre 1924.

pour α, tout au moins en ce qui concerne les explosifs à combustion complète, pour lesquels l'équation du maximum servant de base au calcul résulte, sans ambiguïté, de l'état d'équilibre final réalisé.

Il en était ainsi à l'époque où furent exécutés les travaux relatifs aux chaleurs spécifiques. Depuis lors la table de tarage des crushers dont on s'était servi a dû être abandonnée, ayant été reconnue défectueuse. Elle a été remplacée, en 1902, par la table « M » généralement en usage, et qui fait correspondre *très exactement* à un écrasement donné du crusher la *pression statique* qui l'a provoqué.

Mais il résulte des recherches que nous avons effectuées au cours de ces dernières années, qu'en traduisant en *table M* les écrasements de crushers à la bombe, on n'obtient ni les pressions exactes, ni le maximum de pression :

1° Les pressions qui s'établissent en quelques $\frac{1}{1000}$ de seconde, par combustion de la poudre, ne donnent point les mêmes écrasements que des pressions égales se développant lentement dans les conditions habituelles du tarage des crushers.

La correction à faire subir de ce fait aux pressions table M est variable suivant la région de la table et peut atteindre 13 pour 100.

2° Le refroidissement des gaz par les parois de l'éprouvette, pendant toute la durée de la combustion, entraîne une chute de pressions que MM. Berthelot et Vieille, Mallard et Le Chatelier ont étudiée avec les explosifs gazeux. Cette chute de pressions paraissait devoir être négligeable pour les explosifs solides. Quelques expériences effectuées par M. Muraour laissaient prévoir qu'il pourrait ne pas en être ainsi. Nous avons effectivement reconnu que l'influence du refroidissement peut être notable et notre étude a permis de chiffrer, en fonction des caractéristiques de la combustion, l'ordre de grandeur de la correction à faire subir de ce fait à la pression mesurée aux différentes densités de chargement, à défaut d'une théorie éprouvée de la loi du refroidissement.

Cette correction, jusqu'à présent négligée, peut atteindre 15 pour 100 de la pression.

Nous étions ainsi naturellement amenés à rechercher l'influence de cette double correction des pressions dans la détermination des caractéristiques f et α.

En ce qui concerne f, nous avons obtenu les résultats suivants pour des explosifs très différents :

Volume spécifique V_0.	Température de combustion T [1].	Pressions en vase clos. Δ.	P corrigées kg:cm².	Nombre d'expériences.	Valeurs de f graphique f_g.	calculée f_c [1].	Rapport $\frac{f_g}{f_c}$.
		Explosif : Balistite 50/50.					
805^l	3138°. abs.	0,10	1304	24	11700	9558	1,22
		0,18	2486	74			
		0,25	3585	29			
		Explosif : Nitraté 86,5/13,5.					
$933^l,6$	1848° abs.	0,15	1222	29	7150	6528	1,10
		0,20	1796	11			
		0,25	2338	15			
		0,30	3021	18			
		0,35	3554	8			

Composition des produits de la combustion.

	H^2.	O^2.	N^2.	CO^2	CO.	CH^4.	H^2O.	Résidus solides.
Balistite.....	9,37	0	15,15	26,06	23,74	0	25,58	0
Nitraté......	0	10,02	27,41	6,77	0	0	55,80	0

Les deux modes de détermination de f conduisent donc à des valeurs qui se séparent nettement : le désaccord atteint 22 pour 100 pour la balistite, 50/50 correspondant à $T = 3138°$ et 10 pour 100 pour l'explosif 86,5/13,5 avec $T = 1848°$.

Nous avons pu montrer [2] que ce désaccord ne peut s'expliquer par les imprécisions affectant l'évaluation des pressions exprimées en Table Sevran et corrigées du refroidissement, ou l'équation d'équilibre gazeux du maximum de pression.

Dès lors il convient d'en rechercher l'origine dans l'expression des chaleurs spécifiques moyennes ayant servi de base au calcul, résultant des expériences de MM. Mallard et Le Chatelier sur les mélanges gazeux; elles conduiraient, appliquées aux explosifs usuels, à sous-estimer T et f.

C'est dans cette voie que nous continuons nos recherches.

---

(1) Chaleurs spécifiques de M. Le Chatelier.

(2) *Commission des Substances explosives* (1919-1924), étude n° 281.

Observations sur la Communication de M. E. Burlot,
par M. **Henry Le Chatelier**.

Depuis 40 ans, on emploie pour le calcul de la force des explosifs les chaleurs spécifiques que nous avions données, Mallard et moi [1], avec quelques corrections de détail proposées ultérieurement par Sarrau. Dans ces dernières années, des doutes ont été émis sur l'exactitude de nos nombres qui seraient notablement trop élevés, et conduiraient, par suite, à des températures de réaction trop basses. Cependant les expériences sur lesquelles reposaient ces critiques, effectuées comme les nôtres sur des mélanges gazeux à faible pression, semblaient présenter une précision inférieure à celle de nos mesures; il n'y avait donc pas lieu de s'y arrêter.

Les expériences de M. Burlot offrent, au contraire, des garanties toutes particulières d'exactitude et démontrent péremptoirement la nécessité de modifier nos anciennes chaleurs spécifiques au moins dans le cas des explosifs. Ces mesures ne sont cependant pas encore assez complètes ni assez variées pour permettre de fixer les nouveaux nombres à adopter.

Je voudrais indiquer ici l'origine des erreurs que Mallard et moi avons commises dans ces déterminations. Il y a eu une double erreur.

J'avais montré par un calcul thermodynamique que lorsque le volume d'une masse gazeuse est seulement fonction de $\left(\frac{P}{T}\right)$, sa chaleur spécifique est indépendante de la pression. La formule de Van der Waals, qui donne pour la pression interne une valeur tendant vers zéro quand la température s'élève, satisfait précisément à cette condition. Nous avons alors proposé d'appliquer aux explosifs, pour des pressions allant jusqu'à 10000^{atm}, les chaleurs spécifiques que nous avions déterminées dans nos expériences sur la combustion des mélanges gazeux, où la pression n'avait pas dépassé 10^{atm}. En fait, ce raisonnement ne s'applique qu'aux chaleurs spécifiques vraies. Or pour le calcul de la force des explosifs, c'est la chaleur spécifique moyenne qui intervient seule, ou, si l'on préfère, l'intégrale de la chaleur spécifique vraie dans tout l'intervalle considéré des températures. Aux basses températures, pour lesquelles la pression interne n'est pas négligeable, les chaleurs spécifiques ne sont pas en réalité indépendantes de la pression.

---

[1] *Mémorial des Poudres*, t. 2, 1884-1889, p. 353 et 466.

Mallard, qui avait rédigé notre Note commune, n'avait qu'une confiance assez limitée dans les déductions mathématiques et il avait passé sous silence ce calcul, se contentant de justifier l'adoption de nos chaleurs spécifiques par le fait qu'elles permettaient de retrouver très exactement les pressions explosives mesurées par le Service des Poudres au moyen de l'éprouvette manométrique à crusher de cuivre. Mais les mesures de pression faites à cette époque étaient doublement inexactes. Le tarage des crushers, effectué par la méthode statique, ne correspondait pas aux efforts dynamiques produits dans la combustion des explosifs. D'autre part, on négligeait la correction du refroidissement, très importante cependant comme le montrent les expériences récentes. Ces deux erreurs de sens contraire se compensaient, il est vrai, partiellement.

De toute façon, les expériences de M. Burlot montrent que nos chaleurs spécifiques seraient de 10 pour 100 trop fortes pour le mélange étudié, renfermant 50 pour 100 de vapeur d'eau et pris à la température de 1600° C. sous la pression de 3000^{atm}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption comparée de quelques acides organiques et de leurs sels de sodium.* Note de MM. **Claude Fromageot** et **René Wurmser**, présentée par M. Jean Perrin.

Quand une réaction chimique s'effectue en milieu hétérogène, on sait que les phénomènes d'adsorption qui sont susceptibles de se produire aux surfaces limitant les différentes phases peuvent influencer la marche de la réaction. Il est donc important de savoir comment se comportent, dans des conditions déterminées, vis-à-vis de l'adsorption par les surfaces en jeu, les différents corps prenant part à la réaction considérée. Toute une série de travaux, parmi lesquels nous ne citerons ici que ceux de Langmuir dans le cas de systèmes « gaz-solide », ceux de Warburg et ceux de Prinz dans le cas de systèmes « solution-solide » ont fait ressortir tout l'intérêt de cette question.

Étudiant actuellement l'oxydation de divers corps organiques en solution, par l'oxygène libre, en présence d'un catalyseur solide, nous avons auparavant déterminé l'adsorption de ces corps à la surface du catalyseur utilisé; en particulier, nous avons comparé, avec l'adsorption de leurs sels de sodium, l'adsorption des acides organiques suivants : formique, acétique, propionique, oxalique, succinique, citrique, pyruvique.

Technique. — Les solutions, toutes 0,01 N, sont faites avec de l'eau dite « de conductivité ». Les corps employés proviennent de la maison Kahlbaum et ont été, suivant les cas, recristallisés plusieurs fois ou distillés dans le vide. La surface solide utilisée est celle d'un charbon de fabrication spéciale, relativement très pur, que nous devons à M. Ed. Urbain. 125$^{cm^3}$ de solution 0,01 N sont agités 5 minutes avec 5^g de ce charbon, puis filtrés en prenant les précautions habituelles. Les dosages sont faits soit chimiquement, soit spectrophotographiquement à l'aide des rayons ultraviolets, suivant la technique aujourd'hui classique de Victor Henri. Les quantités adsorbées sont exprimées en millimolécules.

Résultats. — Le tableau ci-dessous donne les résultats de cette comparaison.

TABLEAU I.

Adsorption comparée des acides et de leurs sels.

Corps.	P_H.	Millimolécules dans la solution avant adsorption.	Millimolécules adsorbées.	Constante de dissociation de l'acide K×100.
Acide formique	2,9	1,25	0,33	0,0214
Formiate de Na	6,8	1,25	0,00	
Acide acétique	3,4	1,25	0,12	0,00180
Acétate de Na	6,6	1,25	0,00	
Acide propionique	3,5	1,25	0,64	0,00134
Propionate de Na	7,0	1,25	0,21	
Acide oxalique	2,0	1,25	0,80	10
Oxalate de Na	6,3	1,25	0,40	
Acide succinique	3,2	1,25	0,80	0,00665
Succinate de Na	7,4	1,25	0,00	
Acide citrique	2,5	1,25	0,95	0,082
Citrate de Na	7,1	1,25	0,00	
Citrate de Mg	6,2	1,25	0,00	
Acide pyruvique	2,3	1,25	0,73	
Pyruvate de Na	7,4	1,25	0,60	

Ces nombres montrent les grandes différences qui existent entre l'adsorption des acides et l'adsorption de leurs sels. Devant d'aussi importantes variations, il était intéressant de suivre la diminution de l'adsorption avec l'accroissement du P_H. Nous donnons ici les chiffres représentant la courbe correspondante d'une part pour l'acide oxalique, d'autre part pour l'acide citrique. Le P_H des solutions est pris à l'aide d'indicateurs colorés, par comparaison avec une solution étalon toujours préparée sur le moment même, méthode qui donne une approximation de $\pm$ 0,02 P_H.

TABLEAU II.

Adsorption du groupement $(COO)^2$ *en fonction du* P_H. *Solution d'acide oxalique plus ou moins saturée par* NaOH 0,077 N, *et amenée à un volume tel que la solution soit exactement* 0,01 N.

Centimètres cubes de NaOH ajoutés.	P_H.	Milli-molécules adsorbées.	Centimètres cubes de NaOH ajoutés.	P_H.	Milli-molécules adsorbées.
0	1,8	0,83	58,8	4,6	0,42
15	2,6	0,77	60,2	5,6	0,41
30	3,0	0,70	60,6	6,3	0,40
40	3,6	0,61	63,0	>10	0,37
45	4,0	0,58	75,0	très alcalin	0,27

TABLEAU III.

Adsorption de l'acide citrique en fonction du P_H. *Mélange, en différentes proportions, d'une solution d'acide citrique* 0,01 N *et d'une solution de citrate de sodium tribasique* 0,01 N.

Centimètres cubes d'acide citrique pour 125^{cm^3} de solution.	Centimètres cubes de citrate de Na^3 pour 125^{cm^3} de solution.	P_H.	Millimolécules adsorbées.
125	0	2,5	0,95
100	25	3,4	0,89
62,5	62,5	4,5	0,49
55	70	4,7	0,39
25	100	5,55	0,11
0	125	7,1	0,00

Les conclusions immédiates de ces premières données sont les suivantes :

1° Il n'y a pas de relation simple entre l'adsorption des différents radicaux et la constante de dissociation des acides auxquels ils appartiennent.

2° L'adsorption des acides augmente avec le nombre de groupes — COOH. Très intense pour l'acide citrique (tribasique), elle est moins accentuée pour les acides oxalique et succinique (bibasiques) et beaucoup plus faible pour les acides acétique et propionique.

3° Les sels sont toujours moins adsorbés que les acides correspondants, mais les différences dans l'adsorption sont plus ou moins accentuées. C'est ainsi que les citrates de Na et de Mg ne sont pas adsorbés tandis que l'adsorption du pyruvate atteint les $\frac{6}{7}$ de celle de l'acide pyruvique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les conditions d'application de la technique argentosulfochromique de dosage du carbone.* Note de M. L.-J. SIMON.

Comme il a déjà été indiqué, cette technique consiste à oxyder, à gazéifier la substance carbonée à l'aide d'un poids *déterminé* de bichromate d'argent en milieu sulfurique concentré à la température du bain-marie bouillant pendant une durée également *déterminée;* dans la plupart des mesures antérieures on employait 12^g *de bichromate* et l'on maintenait 4 *minutes* à la température du bain-marie bouillant. Si l'on fait varier l'un des termes, l'autre varie en sens inverse : les expériences actuelles ont été entreprises pour relier si possible ces deux quantités.

Pour des raisons déjà invoquées (¹) la substance utilisée comme base de comparaison a été l'acide acétique. On a donc soumis des prises de $0^g,2$ de cet acide à l'action de poids variables de bichromate (2 à 12^g) pendant des durées variables de 4 à 30 minutes; le volume gazeux recueilli a été considéré, pour effectuer le calcul, comme du *gaz carbonique pur* ou tout au plus souillé d'oxyde de carbone. De ces très nombreux essais voici la conclusion : *le poids p en grammes peut être relié à la durée n* exprimée en minutes *par la formule approchée* $n - 4 = 3(12 - p)$ ou $n + 3p = 40$.

Si l'on réduit à 4^g la quantité de bichromate il suffit de prolonger la durée de chauffe (²) environ une demi-heure. Le choix entre les deux modes opératoires sera conseillé ou imposé par l'application particulière demandée à la méthode. En tout cas une durée prolongée diminue utilement l'effet de l'incertitude sur la mesure de cette durée et d'autre part il y a économie de l'oxydant.

Pour préciser par un exemple la conséquence de ces mesures, le tableau suivant rassemble les mesures faites sur trois aldéhydes aromatiques : benzylique (³), salicylique et cinnamique.

(¹) L.-J. SIMON, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1817.

(²) L.-J. SIMON et A.-J.-A. GUILLAUMIN, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1067. Pour 6^g de bichromate nous avions recommandé une chauffe de 20 minutes.

(³) L'aldéhyde benzylique employée a été soigneusement purifiée par plusieurs passages dans sa combinaison bisulfitique.

Poids de $Cr^2O^7Ag^2$.	Durée d'action à 100°.	C pour 100. Ald. benzyl.		Ald. salicyl.		Ald. cinnam.	
g 12	m 4	79,3	79,45	69,1	68,5	81,5	81,1
		79,0	79,3	68,1	″	81,6	81,8
10	10	″	″	67,3	68	81,5	81,4
		″	″	68,6	67,9	″	″
8	10	79,5	79,3	″	″	″	″
		79,9	80,0	″	″	″	″
8	15	79,75	79,1	69	68,35	81,1	″
		79,7	79,9	68,1	68,3	82	″
6	20	78,8	79,1	67,85	68,2	81,5	″
		79,7	79,0	68,6	68,2	82,1	″
4	30	79,4	78,9	69,1	68,5	81,3	81,5
		79,0	79,2	67,9	68,5	81,8	″
Analyse à la grille	C	79,10	79,83	68,45		81,61	81,59
	H	5,81	5,83	5,04		6,31	6,34
	C % théor.	79,24		68,85		81,81	

Il semblerait *a priori* qu'il ne doive pas y avoir d'inconvénient à prolonger la durée de chauffe : à partir d'une limite inférieure les valeurs devant rester indépendantes de cette durée et égales à la valeur théorique. Il en serait ainsi si le gaz dégagé et mesuré était du gaz carbonique pur ou mélangé d'oxyde de carbone, mais il n'en est pas ainsi et ce gaz est accompagné d'une petite quantité d'oxygène provenant d'une décomposition de l'oxydant. La méthode est empirique et son exactitude résulte d'un jeu de compensation. Les expériences directes, en l'absence de toute substance carbonée, faites dans l'appareil même permettent de se faire une idée de ce dégagement parasite. Si l'on renonce aux mesures faites avec des durées courtes de chauffe à 100°, les autres sont assez bien représentées par la formule empirique $v = [0,35 + 0,02n]p$. Pour chaque valeur de p on a ainsi une droite; ce faisceau de droites n'a pas son sommet à l'origine; il est raccordé à l'origine par un faisceau de courbes. Le volume d'oxygène ainsi libéré n'est notable qu'à condition d'exagérer p et n : 16^{cm^3} pour 10^g et 1 heure. D'autre part, il n'est négligeable qu'en réduisant p et n à des valeurs hors d'application. Dans les conditions d'application, c'est-à-dire en utilisant les valeurs couplées de p et n définies plus haut, les valeurs de v sont voisines de 5^{cm^3}. Ce sont là des résultats de calcul : les valeurs réelles ne doivent pas s'en écarter notablement même en présence de substances carbonées en sorte que, avec des prises d'échantillon voisines de $0^g,2$ d'acide acétique fournissant environ 150^{cm^3} de gaz, la proportion d'oxygène serait de l'ordre

du trentième ou du quarantième : il en résulterait une différence d'une unité ou d'une unité et demie sur la teneur centésimale du carbone entre la mesure volumétrique et la mesure gravimétrique (compte tenu de l'oxyde de carbone). C'est bien ce que l'on a constaté.

Cette différence s'atténue beaucoup pour les substances organiques autres que l'acide acétique pour lequel la gazéification s'effectue à des températures variables, mais en général bien au-dessous de 100°.

Si l'on se propose enfin de chercher quelles sont les valeurs couplées de p et n qui sont à recommander, on peut y parvenir en exprimant v en fonction de n et différenciant. On trouve ainsi $\frac{dv}{dn} = 0,15 - \frac{0,04}{3}n$. Le volume d'oxygène dégagé est donc maximum pour $n = 11$ environ et par suite $p = 9^{g},5$: il y a donc lieu de choisir les couples extrêmes.

En résumé, dans la technique d'oxydation argento-sulfo-chromique on emploiera suivant les cas 4^{g} de bichromate d'argent et 30 minutes de chauffe ou 12^{g} de bichromate et seulement 4 minutes de chauffe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation des oxydes d'éthylène avec migration. Mécanisme des transpositions moléculaires.* Note de MM. **Tiffeneau, A. Orékhoff** et M^lle^ **J. Lévy**, présentée par M. Haller.

Un des problèmes capitaux de l'étude des transpositions moléculaires, problème qui intéresse à la fois le mécanisme réactionnel et la nature même de la réaction, concerne l'ordre suivant lequel s'enchaînent les divers temps du processus migrateur. Notamment, lorsque la réaction consiste dans une élimination d'eau ou d'hydracide, on peut se demander quel est celui des deux phénomènes qui précède l'autre, et, dans le cas de l'emploi d'un réactif, quel est le rôle joué par celui-ci.

C'est surtout dans le groupe des transpositions des α-glycols (pinacones, glycols secondaires-tertiaires, halohydrines, oxydes d'éthylène, etc.) que cette question s'est posée.

Pour certains auteurs (théorie de la structure intermédiaire instable), la réaction éliminatrice précède la transposition et elle peut s'effectuer dans deux sens opposés suivant que c'est l'oxhydryle secondaire ou tertiaire qui s'élimine :

$$\underset{\substack{| \\ \mathrm{O} \\ |}}{\mathrm{Ar-CH}}-\mathrm{C}{<}^{\mathrm{R}}_{\mathrm{R'}} \xleftarrow{-\mathrm{H^2O}} \mathrm{Ar-CHOH-COH}{<}^{\mathrm{R}}_{\mathrm{R'}} \xrightarrow{-\mathrm{H^2O}} \mathrm{Ar-CH}-\underset{\substack{| \\ \mathrm{O} \\ |}}{\mathrm{C}}{<}^{\mathrm{R}}_{\mathrm{R'}}.$$

La simple inspection de cette formule montre que, dans les deux cas, la nécessité de la migration est nettement évidente.

Pour d'autres auteurs (théorie de l'échange préalable), la migration précède la réaction éliminatrice

$$\mathrm{Ar-CH(OH)-C(OH)}{<}^{R'}_{R} \rightarrow \mathrm{Ar-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-C}{\overset{OH}{\underset{OH}{\leftarrow}}}\mathrm{R'} \rightarrow \mathrm{Ar-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{\hat{C}H}}-CO-R'}.$$

On voit ici que la nécessité de la transposition ne s'impose pas rigoureusement et c'est seulement dans un cas particulier, celui des pinacones, qu'elle acquiert le même caractère d'évidence que ci-dessus.

Depuis longtemps, nous avons adopté le premier de ces mécanismes, non pas seulement à cause de son caractère de nécessité plus général, mais surtout par ce fait qu'il nous a toujours paru difficile d'admettre que le réactif puisse produire, avant l'action éliminatrice qui lui est propre, un échange préalable favorisant cette élimination.

Pour écarter toute influence attribuable au réactif et aussi pour décider quel est, en l'absence de réactif, celui des deux oxhydryles qui est le moins stable, nous avons étudié précédemment la transformation des α-glycols en les soumettant uniquement à la distillation à la pression ordinaire (¹). Nous avons constaté que c'est seulement dans les transpositions semipinacoliques que le réactif intervient pour modifier la stabilité de l'oxhydryle secondaire et que, dans toutes les autres réactions transpositrices (pinacoliques, semihydrobenzoïniques, etc.), la chaleur seule suffit, dans de nombreux cas, pour provoquer la déshydratation transpositrice aux dépens de l'oxhydryle tertiaire.

Toutefois, comme dans toutes ces réactions la possibilité d'un échange préalable peut toujours être envisagée, nous nous sommes proposé d'examiner, à côté des glycols ci-dessus, les oxydes d'éthylène correspondants; chez ceux-ci, en effet, on ne saurait concevoir d'échange préalable et la seule question à résoudre était de savoir si ces oxydes seraient susceptibles de s'isomériser par la seule action de la chaleur (²) sans l'intervention d'un réactif, et si cette isomérisation s'accompagnerait de migration moléculaire. L'expérience a pleinement confirmé nos vues.

Dans deux des cas étudiés la réaction peut s'écrire

$$\mathrm{Ar-CH-C}{<}^{R}_{R}\ (\text{pont } \mathrm{O}) \qquad \mathrm{Ar-\underset{\displaystyle O}{\underset{|}{CH}}-C}{<}^{R}_{R} \qquad \mathrm{CHO-C}{\leftarrow}\begin{matrix}\mathrm{Ar}\\ \mathrm{R.}\\ \mathrm{R}\end{matrix}$$

(¹) M. Tiffeneau et Mlle J. Lévy, *Bull. Soc. chim. Fr.*, t. 33, juin 1923, p. 735.

(²) Le cas de l'oxyde de méthylstyrolène qui se transforme par simple distillation en phényl-2-propionaldéhyde rendait probable cette isomérisation.

On voit que la rupture de l'oxygène a lieu, comme nous l'avions déjà observé, par la liaison avec le carbone le plus substitué, et il est rigoureusement évident que, dans ce cas, tout échange préalable est impossible.

On remarquera qu'il s'agit ici d'une transposition semihydrobenzoïnique; c'est d'ailleurs, étant donné le sens de la rupture de la liaison oxygénée, la seule transposition possible dans le groupe des oxydes d'éthylène trisubstitués, et cette transposition ne peut avoir lieu que si ces oxydes appartiennent au type général Ar — CH — C(RR'), (pont —O— entre CH et C) c'est-à-dire seulement lorsque le radical fixé au carbone secondaire est cyclique.

Les oxydes d'éthylène étudiés par nous ont été préparés par action de l'acide perbenzoïque sur les dérivés éthyléniques correspondants en solution dans le chloroforme suivant la technique de Prilejaieff (1).

Oxyde de phényl-1-méthyl-2-propylène $C^6H^5 — CH — C(CH^3)^2$ (pont —O— entre CH et C). — Cet oxyde, qui bout à 190°-195° sous 760mm, a déjà été décrit par nous (2). Il s'isomérise assez péniblement par distillation lente en phényldiméthylacétaldéhyde $C^6H^5 — C(CH^3)^2 — CHO$ dont la semicarbazone fond à 176°-177° alors que les semicarbazones des deux autres isomères possibles $C^6H^5 — CO — CH — (CH^3)^2$ et $C^6H^5 — CH(CH^3) — CO — CH^3$ préparées antérieurement sont nettement différentes.

Oxyde d'anisyl-1-méthyl-2-propylène $CH^3O — C^6H^4 — CH — C(CH^3)^2$ (pont —O— entre CH et C). — Cet oxyde, qui bout à 150°-160° sous 30mm, a été préparé à partir de l'anisyl-1-méthylpropylène. Il s'isomérise facilement par distillation à la pression ordinaire en anisyldiméthylacétaldéhyde $CH^3O — C^6H^4 — C(CH^3)^2 — CHO$ dont la semicarbazone fond à 184°. La même aldéhyde (éb. 260-265° sous 760mm) a été préparée par transposition semihydrobenzoïnique de l'anisylphényldiméthylglycol et l'on a effectué l'identification de sa semicarbazone avec la précédente. D'autre part, nous avons tenu à préparer spécialement les deux isomères possibles, l'anisylisopropylcétone

$$CH^3O — C^6H^4CO — CH — (CH^3)^2$$

et l'anisyl-2-butanone-3 : $CH^3O — C^6H^4 — CH(CH^3)CO — CH^3$ dont les semicarbazones, fusibles respectivement à 212°-213° et 159°-160° sont nettement différentes.

Conclusions. — Les oxydes d'éthylène trisubstitués du type

$$Ar — CH — C\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}$$

(pont —O— entre CH et C)

sont susceptibles de s'isomériser sous l'influence de la chaleur en donnant, par transposition semihydrobenzoïnique, les aldéhydes correspondantes $Ar — C(RR') — CHO$. Il en résulte que, contrairement à la théorie de l'échange préalable, la migration du radical aromatique ne constitue pas le

(1) H. Prilejaieff, *Journ. Soc. Phys. chim. russe*, t. 32, 1910, p. 1395.

(2) Tiffeneau et Orékhoff, *Bull. Soc. chim.*, t. 29, 1921, p. 809.

phénomène initial; cette migration apparaît nettement consécutive à la rupture d'une des liaisons de l'atome d'oxygène. On est ainsi conduit à adopter l'hypothèse d'une structure intermédiaire instable exactement identique à celle que nous avons constamment proposée jusqu'ici pour les transpositions des α-glycols et de leurs halohydrines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Relations de structure entre les pinènes et les terpinéols ou les limonènes qui en dérivent.* Note ([1]) de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Il est classique de considérer la transformation d'un pinène (I) en terpinéol (II) ou en ses éthers comme le résultat direct de l'ouverture du noyau tétraméthylénique par fixation d'eau ou d'acide. Cette manière de formuler a été consolidée par Baeyer ([2]) : en transformant le pinène en acide pinonique (IV), puis isomérisant celui-ci par hydratation (V) et déshydratation, il obtint la même cétone-olide (VI), c'est-à-dire la méthoéthylheptanonolide fusible à 62-63°, que Wallach ([3]) avait eue en passant du pinène au terpinéol (II), puis, par oxydation, au trihydroxymenthane (III) et, enfin, à la cétone. Cet ensemble de réactions est représenté par les schémas suivants :

I. Pinène α.

II. Terpinéol.

III. Trihydroxymenthane.

IV. Acide pinonique.

V. Acide-alcool.

VI. Cétone-olide.

([1]) Séance du 3 novembre 1924.

([2]) A. Baeyer, *D. chem. Ges.*, t. 29, 1896, p. 326, 2775.

([3]) O. Wallach, *Ann. der Chem.*, t. 275, 1893, p. 153.

Cette suite de réactions n'est pas tout à fait exacte; la cétone-olide n'est identique dans les deux systèmes que si l'on part de racémiques.

En effet, Godlevsky [1] a transformé le pinène gauche en terpinéol gauche, puis en une céto-lactone dextrogyre, fusible 45-46°, avec $[\alpha]_D = +55°,3$. D'un autre côté, MM. Barbier et Grignard [2], ayant préparé les acides pinoniques actifs qui ont le signe optique du pinène générateur et leur ayant appliqué la transformation en olides, obtinrent, avec les pinènes droit et gauche, des olides respectivement droite et gauche. De sorte qu'un même pinène n'engendre, à volonté, suivant le chemin suivi, non une céto-lactone unique, mais les deux antipodes optiques.

Ces faits conduisent à modifier la formule du terpinéol dans le sens suivant : si un pinène α(I) est écrit de telle façon que sa double liaison soit à droite avec le chaînon $(CH^3)^2C$ en avant, le terpinéol qui en dérive par hydratation possède, au contraire, sa double liaison à gauche, si on laisse le chaînon $(CH^3)^2C.OH$ au-dessus du plan de l'hexagone (VIII). Dès lors, ce terpinéol (VIII) conduit à l'olide (IX) antipode de celle (VI) engendrée par l'acide pinonique, conformément à l'expérience.

VII. Terme intermédiaire (méthylnopinol). → VIII. Terpinéol. → IX. Cétone-olide. X. Limonène.

L'opinion courante, que le noyau tétraméthylénique se rompt d'emblée dans la synthèse des terpinéols par les pinènes, doit être modifiée. Dans une Note précédente [3], j'ai supposé que le pinène conduisait au terpinéol par l'intermédiaire d'un terme de fixation immédiate de HOH ou XH sur la double liaison (VII) avec transport ultérieur de X ou OH sur le

(1) L. Godlevsky, *Soc. phys. chim. R.*, t. 30 (II), 1898, p. 216; t. 31 (II), 1899, p. 203; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 22, 1899, p. 605, 747.

(2) Ph. Barbier et V. Grignard, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 597; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 7, 1910, p. 548.

(3) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 175.

$CH^3.C.CH^3$, ce qui créait la double liaison du terpinéol du côté du CH tétraméthylénique, conformément aux vues précédentes. C'est en quelque sorte une confirmation de la justesse de l'hypothèse de ce terme intermédiaire. Par voie de conséquence, le limonène issu d'un pinène de formule (I) aurait la formule (X).

Le passage de (VII) à (VIII) peut, d'ailleurs se concevoir autrement; perte de HOH entre $CH^3.C.OH$ et CH, avec création d'une double liaison et hydratation ultérieure de la liaison tétraméthylénique $= C - C(CH^3)^2$. C'est de cette façon que Wallach [1] a figuré le passage de l'hydrate de pinène ou méthylnopinol (VII) au terpinéol (lév.). En prenant en considération les structures du nopinène, du pinène et du terme intermédiaire, ici le méthylnopinol, on conclut aussi de ces recherches que la double liaison change de place quand on passe du pinène au terpinéol.

MÉTALLOGÉNIE. — *Les pyrites de Maïdan-Peck (Serbie).* Note [2] de M. J. BARTHOUX.

Le gîte de Maïdan-Peck exploité autrefois pour le cuivre par tous les peuples dont la domination s'est étendue au Danube, a été repris à une époque récente en vue de l'extraction des pyrites de fer. Son étude a fait l'objet de diverses monographies d'un intérêt variable, paraphrasant les observations des premiers auteurs qui se sont attachés à la métallogénie de ces régions [3] et considèrent les pyrites en relations avec un filon d'andésite quartzifère s'élevant dans des calcaires tertiaires qu'il métamorphose. De sorte que la présence des pyrites serait le résultat d'une action métamorphique. *A priori* il semble douteux maintenant qu'une andésite puisse exercer une métamorphose intense des roches voisines et ce doute m'a conduit à Maïdan-Peck où j'ai pu constater que les observations précédentes sont en tous points erronées.

La constitution du sol, son allure géologique, sont plus complexes, que ne

(1) O. WALLACH, *Ann. der Chem.*, t. 360, 1908, p. 82.

(2) Séance du 22 septembre 1924.

(3) B. VON COTTA, *Erlagerstätten im Banat und von Serbien*. Wien, 1865. — TIETZE, *Geolog. Notizen aus dem NW Serbien* (*Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.* Wien, 1870). — F. HOFFMANN, *Ueber Majdan Pek*. Pour la bibliographie de cette question, cf. B.-A. WENDEBORN, *Die Kupfererts und Limonit-Lagerstätten von Majdan Pek in Serbien* (*Zeitsch. f. prakt. Geol.*, 1912, p. 266).

laissent supposer les études antérieures; malgré l'absence de carte détaillée il m'a été possible, en parcourant cette région, de me rendre compte de la position des gîtes et de rechercher leurs relations avec les roches environnantes. Mes résultats ne laissent place à aucun doute sur leur genèse.

La région de Maïdan-Peck est constituée par un soubassement gneissique aplani par érosion, sur lequel reposent les formations sénoniennes. Celles-ci débutent par des grès friables et des marnes bleues et vertes, mais sont surtout formées de calcaire compact blanc s'étendant sur tout le plateau. Le district minéralisé est mis à découvert par le Peck dont le lit entame profondément les gneiss, et le divise en deux zones : au nord domine la pyrite, au sud elle est accompagnée de chalcopyrite. L'ensemble est disposé suivant une bande de $4^{km},500$ sur 500^{m} de largeur, dirigée NS. Une bande de gneiss micacé correspond à la vallée; elle est dénivelée par une faille dirigée N 20° O, qui plisse les calcaires à son voisinage.

Zone nord. — Au milieu des gneiss micacés et amphiboliques s'élève une petite ellipse granulitique de 1500^{m}, large de 500^{m} mise à nu par un affluent du Peck. Alors qu'elle sectionne nettement les gneiss on la voit derrière les usines actuelles contourner et encercler presque entièrement un énorme éperon de cipolins rattaché vraisemblablement, vers l'est, aux gneiss.

Cette granulite est essentiellement constituée par du quartz et du feldspath très altéré; elle n'a pas de muscovite. Par contre, elle contient de menus cristaux de pyrite dispersés dans la roche, parfois rassemblée suivant des filonets ou des amas de petite taille et irréguliers. Wendeborn en signale un de 80^{cm} de diamètre.

Vers la périphérie, la pyrite devient plus abondante; elle est disposée en traînées centrifuges et même en filonets qui font supposer, *a priori*, une concentration du minéral aux salbandes. S'il franchit celles-ci pour se retrouver dans les gneiss voisins, l'observation montre néanmoins un enrichissement local suivant la surface de contact de la roche éruptive, enrichissement qui se traduit par des amas de pyrite irrégulièrement répartis et activement exploités.

Zone sud. — Le petit isthme gneissique étant franchi, on pénètre vers le sud dans un district cuprifère où la roche fondamentale très altérée se montre chargée de pyrite et de chalcopyrite en cristaux dispersés dans sa masse. Les exploitations abandonnées montrent que le minerai de cuivre est réparti suivant des colonnes verticales de 10 à 40^{m} de large accusant 2 à 3 pour 100 de cuivre. Ici, la zone éruptive est plus complexe, j'ai re-

ceuilli une dacite, une diorite, dans la partie la plus altérée, de la calcite. C'est certainement là que les auteurs cités ont diagnostiqué une andésite quartzifère comme roche mère.

Ces roches ne traversent nullement les calcaires sénoniens et n'exercent sur eux aucune action métamorphique. C'est la présence de cipolins liés aux gneiss, qui a accrédité l'idée que les roches éruptives étaient postérieures au calcaire du plateau auquel ils ont été rattachés à tort.

Le gisement de pyrite et chalcopyrite de Maïdan-Peck résulte donc d'une différenciation magmatique. Dans un cas le minerai est réparti dans la roche avec tendance à se localiser suivant des bandes verticales ; dans l'autre cette même localisation s'effectue, mais il se produit une émigration de la pyrite aux salbandes et une concentration suivant la surface de contact de la roche éruptive et des roches encaissantes, gneiss ou cipolin.

Dans un pareil gisement, le mode de prospection des gîtes est donc tout indiqué : il consiste à rechercher et délimiter la roche éruptive et à explorer la surface latérale de contact.

SISMOLOGIE. — *Sur la fréquence des tremblements de terre en Algérie dans la période de dix années* (1911-1920). Note de M^me^ **A. Hée**, présentée par M. Bigourdan.

Dans les pays très séismiques, comme le Japon, on a essayé de prévoir les tremblements de terre par l'observation de la fréquence des secousses dans les différentes régions du pays; par exemple, il semble qu'avant le séisme de Mino-Owari (1891), la fréquence des petits chocs prémonitoires avait crû pendant les années qui ont précédé la catastrophe. L'Algérie présente une séismicité importante, au moins pour des secousses de degré faible : il m'a paru intéressant d'en étudier la fréquence et de rechercher si la méthode japonaise pourrait s'appliquer à cette région. A cet effet, j'ai dressé la liste des tremblements de terre observés, soit par le Service météorologique, soit par l'Observatoire d'Alger, ainsi que des petits séismes enregistrés par ce dernier Observatoire (secousses locales ou secousses à épicentre indéterminé, mais situé en Algérie). J'ai adopté provisoirement a classification par départements, bien qu'elle ne présente pas un sens réel au point de vue séismologique.

	Alger (séismes observés et secousses locales inscrites).	Oran (séismes observés).	Constantine (séismes observés).	Total.	Total (y compris les secousses inscrites à épicentre inconnu).
1911.....	11	1	9	21	23
1912.....	18	11	3	32	34
1913.....	9	5	6	20	22
1914.....	18	2	1	21	22
1915.....	4	3	0	7	12
1916.....	10	2	6	18	22
1917.....	20	3	3	26	40
1918.....	14	0	3	17	23
1919.....	5	5	6	16	19
1920.....	20	1	8	29	40
Total..	129	33	45	207	257

Fréquence totale annuelle. — Les années de plus grande activité, pour la période envisagée, ont été 1912: 34 tremblements; 1917 et 1920: 40 tremblements. 1915 présente un minimum très marqué. On pouvait se demander si à cette époque, coïncidant avec la guerre, les observations avaient été aussi soignées; le service météorologique d'Algérie, consulté à cet effet, a répondu affirmativement. Les autres années non citées comptent en moyenne 22 tremblements. La moyenne annuelle pour l'ensemble des dix ans serait de 25.

Il est intéressant d'ajouter dès maintenant, bien que le travail actuel concerne seulement la décade 1911-1920, qu'à partir de 1920 la fréquence croît notablement. On serait donc autorisé à en déduire une activité séismique croissante, à moins qu'il ne faille attribuer le plus grand nombre d'observations faites à un intérêt croissant pour l'étude de ces phénomènes. En tout cas il est certain qu'on observe des secousses de plus forte intensité dans cette dernière période : tandis que de 1911 à 1920 le degré n'a jamais dépassé le chiffre VII, on a malheureusement éprouvé en 1922 à Cavaignac, en mars 1924, dans la région de Batna, et ces derniers jours à Douara, des désastres correspondant aux degrés IX et X.

Séismicité des différentes régions. — Nous publierons dans un autre Recueil une carte indiquant d'une façon complète les points où les différents séismes ont été ressentis et la fréquence en chacun de ces points.

On peut résumer les résultats en disant que *le département le plus séismique est celui d'Alger;* c'est lui qui impose sa forme à la courbe de séismicité annuelle que l'on peut tracer à l'aide des chiffres précédents. Dans ce

département, le centre le plus séismique est celui de Bouzaréah, au voisinage d'Alger; on y a observé, au cours des dix années, une cinquantaine de secousses; la séismicité y est importante pour toutes les années, sauf pour 1915, 1916 et 1919; il ne semble pas qu'on doive attribuer ce fait à ce que les observations y sont faites avec plus de soin qu'ailleurs et que les séismographes de l'observatoire signalent des secousses locales du degré I. *C'est aux environs même d'Alger, à* 15km *de la ville, que vient de se produire la secousse désastreuse du* 5 *courant.*

Dans ce même département, on relève les régions de Tenès et d'Orléansville, très instables en 1914, 1915, 1916, *mais les années suivantes particulièrement stables ne permettaient pas de prévoir la catastrophe de* 1922 qui a détruit le village de Cavaignac.

La région d'Aumale a montré une instabilité presque ininterrompue, explicable par la géographie physique du pays. Le centre de Blida a été séismique en 1911 et 1912; celui de Maillot en 1918 et 1920.

Dans le département d'Oran, les centres d'Oran et d'Arzeu, et, dans celui de Constantine, ceux de Kerrata et de Sétif ont été les plus séismiques.

Pour étudier d'une manière plus approfondie la relation entre la fréquence des secousses prémonitoires et l'intensité des séismes plus importants, il serait bon de tracer les courbes de fréquence pour les différentes fractions de l'Algérie. On pourrait se borner à la bande comprise entre les degrés 35° et 37° de latitude nord et 9° longitude est et 2° longitude ouest, et examiner la variation de fréquence dans les vingt-deux quadrilatères ainsi formés : je me propose de faire ce travail et de l'étendre jusqu'aux dernières années.

BOTANIQUE. — *Sur les propriétés optiques des stérinoplastes et de la phytostérine des bulbes du Lis blanc.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

L'épiderme des écailles bulbaires du Lis blanc présente, ainsi que je l'ai montré [1], une phytostérine qui, au cours de la vie de ces écailles, se présente sous forme de stérinoplastes, de cristaux à structure radiée, et de blocs concrétionnés de formes très diverses et à structure intime fibrillaire. Pénétrons maintenant d'une manière plus profonde dans la structure physique

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 327, 596, 769; t. 179, 1924, p. 638.

de ces divers états de la liliostérine, par l'étude de quelques-unes de leurs propriétés optiques.

Examinés *in situ*, dans l'épiderme, ou bien à l'état isolé par frottis, à un grossissement moyen, et avec la lumière polarisée fournie par un seul nicol, les stérinoplastes s'éclairent d'une belle teinte d'un bleu azur clair, plus intense dans le corps central que dans le manteau, lequel est bordé, à l'extérieur, par un fin liséré rouge. On peut vraisemblablement conclure de cet effet que les stérinoplastes sont doués de *plœochroïsme*. En éclairant la préparation par le miroir seul, et sous une certaine incidence obtenue par tâtonnement, on peut obtenir des effets presque aussi sensibles dus évidemment à de la lumière polarisée envoyée par le miroir sous l'angle de polarisation par réflexion.

Entre les nicols croisés, dont les plans de vibration sont orientés NS et EO, et sous un grossisement moyen, les stérinoplastes, bien moins réfringents que des grains d'amidon, se montrent sous forme de petites boules grises brillant seulement au point apical. Sous un grossissement assez fort, en faisant varier le point du microscope, on fait apparaître une croix étroite, brillante, sur le fond obscur du stérinoplaste; les parties obscures ne sont autre chose qu'une large croix noire de Saint-André dont les bras correspondent aux plans de polarisation des nicols. Les lames sensibles qui se prêtent le mieux à l'étude des stérinoplastes sont celles qui présentent des teintes peu élevées dans l'échelle colorée de Newton. Une lame de mica, donnant la teinte sensible rouge violet de premier ordre, éclaire ces organites de brillantes couleurs d'interférence. Avec une telle lame, les quadrants NE et SO sont colorés en *jaune*, les quadrants SE et NO présentent la teinte *bleue* complémentaire. Dans l'échelle de Newton, la première teinte est plus *basse*, et la seconde plus *élevée* que la couleur de la lame. Les stérinoplastes sont donc doués de *biréfringence négative*.

Les calculs radiés, produits par bourgeonnement par les stérinoplastes, beaucoup plus réfringents que ces derniers, présentent avec netteté, sous les nicols croisés, la croix noire de polarisation, et sous les diverses lames sensibles (mica, quartz, gypse) qui les éclairent de brillantes couleurs, ils présentent également la *biréfringence négative*. Ainsi qu'on sait, le stérinoplaste se transforme parfois en un sphérocristal; ce dernier présente la même biréfringence.

Sous la lame de mica quart d'onde, tous ces radiocristaux donnent, dans les quadrants NE et SO, et, par conséquent, dans une direction parallèle à l'axe de la lame, deux zones de *compensation* se traduisant par une coloration noir bleuâtre; c'est encore la preuve de leur biréfringence négative.

Nous avons vu que, dans les écailles desséchées, les stérinoplastes sont souvent transformés en blocs d'aspect amorphe montrant parfois une structure intime fibrillaire. Ils sont alors très réfringents et doués de *biréfringence positive*.

Les masses de stérine concrétionnée, aux formes très diverses, qui remplissent les cellules épidermiques des écailles sèches, sont très réfringentes et donnent de brillantes teintes d'interférence réparties en zones affectant les formes les plus variées mais qui, naturellement, sont mathématiquement orientées malgré l'aspect désordonné qu'elles présentent à un premier coup d'œil.

Sous les nicols croisés elles sont sillonnées et entrecoupées de lignes noires qui ne sont autre chose que les lignes d'*extinction* fournies par les couches de stérine qui les

composent et dont les ondulations sont irrégulières et de sens varié. En traçant à travers le bloc de stérine, dessiné à la chambre claire, des lignes parallèles aux deux plans NS et EO de vibration des nicols et tangentes à toutes les lignes périphériques et superficielles du bloc, on voit que les lignes noires sont formées, d'une part, par la réunion de tous les points de tangence des parallèles EO, et, d'autre part, par la réunion de tous les points de tangence des parallèles NS. Ces lignes noires, en un mot, sont formées par la réunion de toutes les *croix noires élémentaires*, irrégulières, du bloc général. Elles délimitent, dans leur ensemble, les diverses zones de teintes de polarisation qui ne sont autre chose que les quadrants déformés de toutes les masses élémentaires du bloc. Souvent, d'ailleurs, beaucoup de ces masses ont une forme plus ou moins sphérique et donnent une croix à peu près rectangulaire et des quadrants presque parfaits.

Si l'on examine ces blocs sous lame sensible (mica, quartz, gypse), les lignes d'extinction prennent la couleur du fond de la lame et les plages qui représentent les quadrants donnent, dans l'ordre de la gamme colorée de Newton, deux teintes complémentaires dont l'une est plus *basse* et l'autre plus *élevée* que celle de la lame. Dans les plages représentant les quadrants NE et SO la teinte *monte;* dans les plages ES et NO la teinte *baisse*. La stérine concrétionnée est donc douée de *biréfringence positive*.

En résumé : les stérinoplastes normaux, les calculs produits par eux par bourgeonnement, les sphérocristaux en lesquels ils se transforment parfois, sont à *biréfringence négative*. Le sens de la plus grande élasticité optique de ces substances est *radial;* celui de la plus petite élasticité est *tangentiel*. Les stérinoplastes, dont on peut voir d'ailleurs fréquemment la structure en zones concentriques, ne sont donc pas des organites amorphes, mais ils possèdent une structure physique analogue à celle des formes d'imbibition des cristaux liquides; structure qui appartient, comme on sait, aux graisses, aux substances lipoïdes auxquelles appartiennent les stérines.

Les stérinoplastes concrétionnés et les blocs de stérine concrétionnée des écailles sèches, toutes formations qui ont une structure intime de couches fibrillaires, souvent visible d'ailleurs, accusent une *biréfringence positive*. Cette stérine concrétionnée est très réfringente, ce qui est dû, certainement, à un état de déshydratation élevé. Cette stérine accuse donc, en puissance, une structure cristalline prismatique dont les éléments juxtaposés constituent les couches fibrillaires successives; ces éléments sont placés perpendiculairement aux couches et leurs faces d'allongement, dans ce sens, sont perpendiculaires à l'axe optique. Dans chaque quadrant ou zone équivalente, la direction de plus petite élasticité est radiale (perpendiculaire aux couches) la direction de plus grande élasticité est tangentielle (parallèle aux couches).

L'aspect morphologique et les propriétés optiques nous montrent donc

que la liliostérine se présente sous deux états différents qui, selon toute vraisemblance, doivent correspondre aussi à deux états chimiques différents.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Euphorbiacées. Développement de l'embryon chez l'*Euphorbia Esula *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Après segmentation transversale de l'oospore, le proembryon bicellulaire (*fig.* 1) qui en résulte donne naissance à une tétrade proembryonnaire constituée de deux cellules supérieures juxtaposées, et de deux cellules inférieures superposées, *m* et *ci* (*fig.* 2). Les cellules supérieures se partagent par deux cloisons méridiennes en quatre quadrants nettement disposés dans un plan horizontal (*fig.* 3); la cellule *m* se segmente de même longitudinalement pour donner deux éléments juxtaposés (*fig.* 6 à 13), la cellule *ci* se divise transversalement (*fig.* 6, 7, 9) ou obliquement (*fig.* 4, 5, 8) pour engendrer deux éléments plus ou moins bien placés l'un au-dessus de l'autre. Les deux éléments *m* et *ci* entrant en division après les deux éléments supérieurs de la tétrade, au stade des quadrants, le proembryon dans son ensemble ne comprend que six ou sept cellules au lieu de huit; au stade des octants, c'est-à-dire quand les quatre quadrants se sont divisés transversalement pour donner quatre octants supérieurs, *l*, et quatre octants inférieurs, *l'*, le proembryon, au lieu d'être composé de seize cellules, n'est que dodécacellulaire (*fig.* 7, 8, 9).

Les octants supérieurs, *l*, donnent naissance à la partie cotylée. Ils se segmentent, comme on peut le voir dans les figures 12 à 14, par des cloisons prenant insertion sur la membrane périphérique et venant tomber à peu près normalement sur la paroi équatoriale de séparation des deux étages *l* et *l'*; il se constitue ainsi deux nouveaux éléments, l'un présentant une section triangulaire (β, *fig.* 12), l'autre une section quadrangulaire (α). Dans ce dernier, il se forme une nouvelle cloison normale à la précédente, comprise dans le plan même de la figure, et partageant ainsi l'octant tout entier en trois cellules, l'une centrale et deux périphériques. Dans ces trois cellules apparaissent bientôt des parois tangentielles qui séparent extérieurement les premiers éléments de dermatogène (*fig.* 15 à 18). Les cellules placées sous le dermatogène, par de nouvelles cloisons tangentielles, donnent deux assises représentant le périblème et le plérome de la partie cotylée (*fig.* 20).

Les octants inférieurs, *l'*, correspondent à la partie hypocotylée. Ils se divisent en premier lieu par des cloisons verticales (*fig.* 11 et 12), auxquelles succèdent bientôt des parois transversales, d'abord dans les éléments périphériques, ensuite dans les

cellules centrales (*fig.* 13 à 16). Dans les deux assises ainsi différenciées, se forment, sans règle apparente, de nouvelles parois longitudinales et transversales, à la suite desquelles commencent à s'individualiser les trois histogènes : dermatogène, périblème et plérome (*fig.* 20).

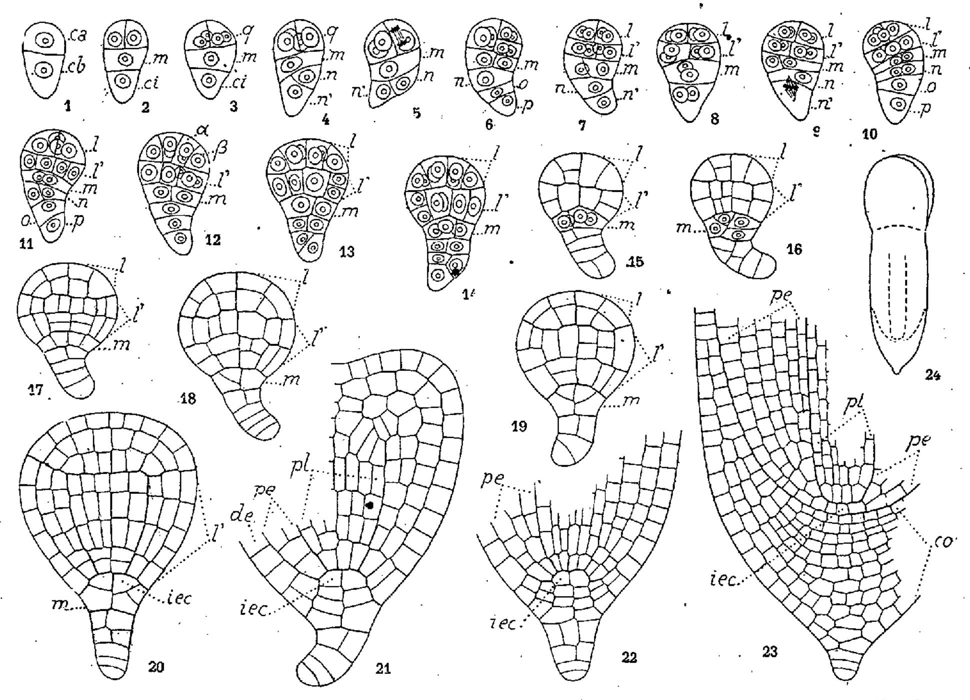


Fig. 1 à 24. — *Euphorbia Esula* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire ; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade ; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci* ; *o* et *p*, cellules-filles de *n'* ; *q*, quadrants ; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée ; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée ; α et β, cellules-filles d'un octant supérieur ; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire ; *de*, dermatogène ; *pe*, périblème ; *pl*, plérome ; *co*, coiffe. G. = 375 ; 187 pour la figure 23 ; 38 pour la figure 24 qui représente schématiquement l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 23.

Les deux cellules juxtaposées qui, dans le proembryon dodécacellulaire (*fig.* 7), représentent l'étage *m* donnent naissance à l'hypophyse. Elles se segmentent d'abord par deux parois méridiennes de manière à engendrer quatre cellules circumaxiales (*fig.* 14 et 15). Celles-ci, en règle très générale, se divisent par des parois horizontales, tangentielles (*fig.* 16 et 18 à gauche, *fig.* 19), qui séparent, vers le haut, les quatre initiales de l'écorce et, vers le bas, quatre cellules qui constituent le primordium de la coiffe. Ces quatre derniers éléments se cloisonnent plus tard radialement (*fig.* 20) et tangentiellement pour engendrer un assez grand nombre d'assises aplaties composant la portion médiane de la coiffe (*fig.* 21, 22, 23). Les portions latérales de ce tissu, comme cela se produit constamment chez les Dicotylédones, tirent leur

origine des cellules les plus inférieures du dermatogène de l'hypocotyle. Quelquefois les quatre cellules circumaxiales de l'étage *m* se segmentent verticalement pour donner ainsi une série de cellules périphériques et un groupe de cellules centrales (*fig.* 17); des cloisons tangentielles se forment ensuite dans les cellules centrales et rétablissent des conditions tout à fait comparables à celles de la partie droite de la figure 20. Dans ce cas, la différenciation des initiales de l'écorce an sommet radiculaire se trouve nécessairement plus tardive.

Les cellules inférieures *n* et *n'* du proembryon dodécacellulaire (*fig.* 7), à la suite de quelques segmentations orientées assez diversement, engendrent un court suspenseur qui semble, au voisinage de la maturité, se confondre avec les assises culminantes de la coiffe (*fig.* 23).

En résumé, les règles qui président au développement de l'embryon, chez l'*Euphorbia esula*, ressemblent surtout à celles qui ont été exposées au sujet des Renonculacées et tout particulièrement au sujet du *Myosurus minimus* (1). Dans les deux cas, les éléments de la tétrade se disposent de la même manière et possèdent des destinées identiques. Les cellules-octants, qui procèdent des mêmes éléments proembryonnaires, se segmentent selon des processus étroitement comparables. Les différences les plus importantes apparaissent dans le retard que subissent les divisions des éléments *m* et *ci* de la tétrade et dans l'organisation plus simple et plus nette de l'extrémité radiculaire.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hydrolyse fermentaire de la monotropitine. Obtention du primevérose.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

La monotropitine est le glucoside à salicylate de méthyle que j'ai découvert, en 1923, dans le *Monotropa hypopitys* L. (2) et que j'ai retrouvé depuis dans l'écorce fraîche du *Betula lenta* L. (3) et dans les racines fraîches de trois espèces de Spirées (4). J'ai montré que la monotropitine

(1) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. France*, t. 58, 27 octobre 1911, p. 542).

(2) *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.* 2e Mémoire : *Obtention d'un nouveau glucoside à salicylate de méthyle, la monotropitine* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 918).

(3) *Sur la véritable nature du glucoside à salicylate de méthyle existant dans l'écorce fraîche du* Betula lenta *L.* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 659).

(4) *Sur la présence de la monotropitine dans les racines fraîches de trois espèces de Spirées :* Spiræa Ulmaria *L.*; S. Filipendula *L.*; S. gigantea *var.* rosea (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 6, 1924, p. 679).

ne possédait pas la constitution que Schneegans et Gerock attribuaient à la gaulthérine ([1]) qu'ils avaient retirée du *Betula lenta* L. et que la gaulthérine (glucoside formé par l'union d'une molécule de salicylate de méthyle et d'une molécule de glucose avec élimination d'une molécule d'eau) n'existait pas dans l'écorce fraîche du *Betula lenta* L. ([2]).

J'ai pu retirer de l'extrait du *Betula lenta* L., que j'avais reçu de Cincinnati (États-Unis), une quantité de monotropitine qui m'a permis d'en poursuivre l'étude. La monotropitine, cristallisée dans l'éther acétique avait été purifiée par deux cristallisations dans l'acétone anhydre et séchée à l'air.

Pour l'hydrolyser, on a dissous dans quantité suffisante d'eau distillée pour faire 500^{cm^3}, $5^g,200$ de monotropitine hydratée, correspondant à $4^g,910$ de monotropitine anhydre. On a ajouté à la solution 5^g de poudre fermentaire de *Monotropa hypopitys* L. En 2 minutes, à peine, il a commencé à se dégager une odeur très nette et très franche de salicylate de méthyle dont l'intensité est allée en augmentant rapidement. En 5 jours, la rotation du liquide avait passé de $-1°12'$ à $-4'$ ($l=2$) et il s'était fait $0^g,3992$ de sucre réducteur exprimé en glucose, pour 100^{cm^3}. L'indice de réduction enzymolytique de la monotropitine est ainsi de 352. La proportion de primevérose formé, en prenant comme pouvoir réducteur de ce sucre 0,648, s'élève à 62,70 pour 100. On doit en obtenir 69,95 pour 100 par hydrolyse totale. On a essoré la poudre fermentaire et l'on a épuisé le liquide aqueux par l'éther qui a dissous le salicylate de méthyle. Le liquide aqueux a été ensuite évaporé à sec, sous pression réduite, et le résidu a été repris à l'ébullition par l'alcool à 90°.

Le primevérose a cristallisé. On en a obtenu $2^g,15$ que l'on a purifiés par de nouvelles cristallisations dans l'alcool à 90°. Le produit pur a été séché à poids constant, dans le vide sulfurique. Il possède toutes les propriétés que j'ai indiquées récemment pour le primevérose de la gentiacauline ([3]).

Il cristallise anhydre. Son point de fusion instantané, au bloc Maquenne, est de $+210°$. Il est réducteur; 1^g réduit comme $0^g,648$ de glucose, d'après la méthode de M. G. Bertrand. Il possède la mutarotation : dextrogyre au moment de sa dissolution, il devient lévogyre. Son pouvoir rotatoire stable est $[\alpha]_D = -3°,79$ ($p=0,2332$; $v=10$; $l=2$; $\alpha=-12'$).

Il fournit avec l'orcine chlorhydrique à chaud la coloration violet bleu caractéristique des pentoses.

L'acide sulfurique à 3 pour 100 l'hydrolyse en une heure, à $+110°$.

([1]) *Ueber gaultherin, ein neues glukosid aus* Betula lenta *L.* (*Arch. Pharm.*, t. 232, 1894, p. 437).

([2]) *Loc. cit.*

([3]) Sur l'hydrolyse fermentaire de la gentiacauline. Obtention d'un xyloglucose, le primevérose (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 780).

Une solution à $1^g,3160$ pour 100^{cm^3}, présentant une rotation de $-6'(l=2)$ et réduisant comme $0^g,8359$ de glucose, présentait, après hydrolyse, une rotation de $+1°2'$ et réduisait comme $1^g,3809$ de glucose, ce qui donne un indice de 473.

Pour le primevérose de la gentiacauline, j'ai trouvé 483 comme indice moyen et l'indice théorique est de 474.

Le poids moléculaire déterminé par la méthode de M. Bougault ([1]) à l'iode et au carbonate de sodium a été trouvé de 308,2 (théorie : 312).

La monotropitine fournit donc à l'hydrolyse fermentaire du primevérose.

Ainsi le primevérose, qu'on ne savait exister jusqu'ici que dans la primevérine et la primulavérine, glucosides du *Primula officinalis* Jacq., vient d'être retrouvé successivement dans deux autres glucosides, la gentiacauline et la monotropitine. Ces quatre glucosides sont hydrolysables par un même ferment auquel on a donné les noms de gaulthérase, bétulase, primevérase. La gentiacauline étant un glucoside des Gentianacées, la présence de la monotropitine ayant été démontrée dans cinq plantes appartenant à trois familles différentes : Monotropées, Bétulacées et Rosacées, le primevérose apparaît dès maintenant comme largement répandu dans le règne végétal, puisqu'il a déjà été retrouvé dans cinq familles appartenant aux trois grands groupes des Dicotylédones :

Apétales : Bétulacées; *Gamopétales :* Monotropées; Primulacées; Gentianacées; *Dialypétales :* Rosacées.

Ajoutons que des recherches en cours et déjà très avancées permettront de montrer que la répartition du primevérose dans le règne végétal est encore plus large.

CRYPTOGAMIE. — *Sur la germination des urédospores des rouilles du blé.* Note de M. J. Beauverie, présentée par M. L. Mangin.

Le phénomène de la germination des urédospores est considéré comme très capricieux; on a avancé qu'elles ne germaient bien que dans l'eau de pluie. Nous avons voulu vérifier si des solutions plus ou moins concentrées, voire hypertoniques, pouvaient entraver la germination, ce qui nous a

([1]) *Nouvelle méthode de dosage des sucres aldéhydiques* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 16, 1917, p. 97).

entraîné à quelques autres observations. Il s'agit ici du *Puccinia graminis*, généralement mélangé d'un peu de *P. triticina*. La température du laboratoire était de 18° à 20°.

En opérant tard dans la saison, au mois d'août, commencement de septembre, sur des blés obtenus vers cette époque par semis au printemps de variétés d'automne ou par semis tardifs de toutes sortes de blés, on peut obtenir des invasions très actives par temps humides et chauds. Les urédospores germent alors, sur l'eau, en masse et d'une façon très régulière. La germination n'est nullement capricieuse, sans doute parce que, dans ces conditions, la maturation des spores se fait d'une façon aussi complète que possible; la température moyenne d'une vingtaine de degrés y est également favorable. Ces faits confirment que les variétés de blé les plus tardives sont aussi les plus atteintes par les rouilles : elles sont encore vertes au moment où celles-ci se multiplient dans les meilleures conditions.

Les spores ne germent pas si elles sont plongées dans l'eau, mais bien à la surface de celle-ci; elles ne se laissent d'ailleurs pas mouiller et restent à la surface du liquide. Elles germent bien mieux sur la feuille simplement humide que sur la feuille portant des gouttes de pluie. Les spores recouvrent plus ou moins celles-ci, puis s'étalent avec elles sur la feuille au fur et à mesure de l'évaporation, c'est alors qu'elles germent et produisent l'infection.

A la surface de l'eau, dans un cristallisoir, par exemple (méthode supérieure, dans ce cas, à celle des « gouttes pendantes »), les filaments germinatifs se dressent dans l'atmosphère, paraissant affectés d'un hydrotropisme négatif très net. En observant directement les spores sur la feuille mouillée, on ne voit jamais de tels filaments libres; ils doivent se détourner, au contraire, du côté des ouvertures ostiolaires pour y pénétrer. Il faut sans doute chercher dans une attraction chimiotactique positive du contenu cellulaire la raison de ce phénomène; celui-ci serait encore favorisé par l'hydrotropisme négatif détournant le filament germinatif de la surface humide.

Si, dans une boîte de Petri, par exemple, on verse de l'eau de pluie, qu'on y dispose une lame de verre émergée et que l'on projette sur le tout des spores obtenues par raclage d'une même feuille et que l'on replace le couvercle pour obtenir une atmosphère saturée, on constate après 24 heures que la germination s'est effectuée en masse à la surface du liquide, mais que les spores tombées sur la lame émergée n'ont pas germé. Les germinations n'ont donc pas lieu *in vitro* dans une atmosphère humide (quelques germinations se manifestent seulement plus tard). On peut en induire que l'humidité de l'air n'intervient que très peu dans la propagation des

rouilles en question et qu'il faut pour cela de l'eau précipitée : eau de pluie, de rosée ou de chlorovaporisation s'étalant au fur et à mesure de l'évaporation à la surface de la feuille.

Dans le but de vérifier l'action de la pression osmotique du milieu sur la germination des urédospores et avec l'espoir, sur la foi de certains auteurs, qu'elle serait entravée pour une faible concentration, nous avons fait des solutions de chlorure de sodium dans l'eau de pluie de 1 pour 1000 à 1 pour 100. Ces solutions sont placées dans des cristallisoirs et les spores (provenant d'une même feuille) sont projetées à la surface du liquide; un récipient ne renfermant que de l'eau de pluie est ensemencé également et sert de témoin. Après 24 heures, on observe à la loupe et au microscope. Il résulte de ces expériences que les urédospores montrent une quasi-indifférence aux plus fortes concentrations de NaCl : à 1 pour 100, elles germent encore en masse, il y a cependant retard et les filaments germinatifs sont plus courts. Si elles ne germent plus sur la solution saturée, du moins ne sont-elles pas tuées, car, si après un séjour de 50 heures, on transporte les spores sur l'eau de pluie, elles germent en masse. Les germinations ont lieu de la même manière si les solutions ont été rendues savonneuses dans le but d'augmenter la mouillabilité. Les filaments fuient toujours le liquide en s'élevant dans l'air.

En somme, il n'y a rien à espérer du traitement par aspersion de solutions concentrées (du moins de NaCl) les spores échappant à la plasmolyse. De cette façon on conserverait, au contraire, plus longtemps la vitalité des spores en les mettant en quelque sorte à l'abri de l'action de l'eau produisant l'usure qui permet une vie plus active mais qui peut être insuffisante encore pour assurer la germination.

Nous avons essayé aussi les germinations dans des solutions de sulfate de cuivre dans eau de pluie, de 1 pour 10000 à 1 pour 100, avec témoin. Le nombre des germinations est de plus en plus réduit, soit, en tenant compte des spores non mûres : 20 pour 100 environ dans 1 pour 10000; 5 pour 100 dans 1 pour 1000; quelques très rares germinations dans 1 pour 100, elles y sont très courtes, se présentant comme de simples ampoules au lieu des filaments de 2 à 3^{mm} des témoins. Le pourcentage n'est pas accru si l'on transporte ces spores sur l'eau pure; elles sont donc tuées en très grande majorité. Le sulfate de cuivre, pas plus que les nombreux fongicides essayés par divers expérimentateurs, ne saurait donner la sécurité dans les traitements par aspersion que des raisons d'ordre pratique ont fait, par ailleurs, écarter.

Le formol nous a donné cependant des résultats intéressants : les germinations sont arrêtées par le formol à $\frac{1}{1000}$ et ne commencent que vers $\frac{1}{12000}$; la dose limite serait d'environ $\frac{1}{1800}$. A ces doses les spores sont tuées car, transportées sur eau de pluie, elles ne donnent plus de germinations. Pour appliquer cette donnée à l'aspersion, il faudrait encore résoudre la question de la mouillabilité.

Retenons particulièrement : l'augmentation croissante de la faculté germinative avec la saison, tant que la température atteint une vingtaine de degrés; l'hydrotropisme négatif des filaments germinatifs; la nécessité d'une surface mouillée (insuffisance d'une atmosphère humide) pour la germination des spores; leur résistance aux plus hautes concentrations de NaCl, indice de leur pression osmotique considérable; l'inefficacité du sulfate de cuivre au point de vue pratique et l'action destructrice, au contraire très nette, de solutions de formol de $\frac{1}{1500}$ à $\frac{1}{1800}$.

ANATOMIE. — *Les muscles orbitaires des reptiles. Étude des muscles chez* Chameleo vulgaris. Note de M. E. LEBLANC.

Les muscles orbitaires du Caméléon sont groupés en : *a*, muscles moteurs du globe oculaire; *b*, muscle abaisseur de la paupière inférieure.

Les muscles moteurs se divisent en deux groupes d'insertion fixe opposée : les quatre muscles droits et les deux muscles obliques.

L'axe du globe étant dirigé en dehors et un peu en avant, son obliquité permet d'utiliser pour les muscles latéraux la terminologie des muscles latéraux des vertébrés supérieurs et des primates.

Muscles droits. — Les muscles droits : droit supérieur, droit interne, droit inférieur et droit externe partent en faisceau de l'angle inférieur et postérieur de la cavité orbitaire. Ils vont s'insérer ensuite sur la sclérotique, suivant une circonférence péricornéenne, sauf un faisceau de DE et un faisceau de DInf.

Le droit supérieur a pour insertion scléroticale un arc de 180°. C'est un élévateur de la cornée en arrière et aussi un rotateur du globe par ses fibres antérieures et postérieures.

Le droit interne a une insertion fixe séparée du groupe des autres muscles droits, dans une petite fossette de la paroi orbitaire interne, au-dessus du trou optique. En dehors, son insertion continue celle de DS. Il déplace la cornée en avant et en dedans.

Le droit inférieur s'insère sur la sclérotique par deux faisceaux. Il porte la cornée en bas et le globe oculaire en arrière et en dedans.

Le droit externe s'insère sur la sclérotique très près de la cornée par deux chefs, dont l'inférieur est, au milieu de son trajet, coudé par une fronde ligamenteuse qui va s'attacher d'autre part, sur le sac conjonctival du côté antérieur. Il porte la cornée en arrière et en dehors et il est tenseur du sac conjonctival qui enveloppe la glande de Harder.

Muscles obliques. — Au nombre de deux, oblique supérieur et oblique inférieur, ils s'attachent presque symétriquement aux muscles droits dans l'angle interne et antérieur de la cavité.

En raison de l'obliquité de l'œil en dehors et en avant, la rotation phylogénique de l'axe, à partir de celui des primates, n'est que de 45° et les obliques se comportent comme s'ils étaient restés immobiles pendant la rotation de l'axe en avant.

L'oblique supérieur s'enroule sur la partie supérieure du globe, en se superposant à DS, dont il croise les fibres. C'est un rotateur; il fait tourner la cornée dans le sens des aiguilles d'une montre suivant un arc de 180°. Il est antagoniste de DS pour la rotation du globe.

L'oblique inférieur s'insère sur le globe, perpendiculairement à la circonférence d'insertion des autres muscles. Il est rotateur dans le sens opposé à celui des aiguilles d'une montre. Les deux obliques portent d'autre part le globe en bas et en avant.

Muscle abaisseur de la paupière inférieure. — Il s'insère par un chef avec le groupe des droits, par un autre sur le plancher de la cavité. Ses fibres encadrent le disque cartilagineux palpébral et se terminent sur le bord de la paupière inférieure qu'il abaisse fortement en déplaçant du même coup le disque cartilagineux.

Remarques générales. — Les caméléoniens ont parmi les reptiles la musculature orbitaire la plus développée, supérieure en puissance relative à celle des vertébrés supérieurs et des primates avec laquelle elle présente une frappante similitude. Elle explique le mécanisme remarquable de leur globe, l'amplitude, la rapidité, l'indépendance de ses mouvements incessants, si opposés à la lenteur des mouvements du corps et à l'immobilité habituelle de l'animal.

Ces caractères, si particuliers à ces reptiles déjà très différenciés dans leur classe même, ont dû se réaliser souvent chez les grands Dinosauriens secondaires aux mouvements très lents.

L'analogie de cette puissante musculature, avec celle des vertébrés les

plus élevés, ne doit pas être considérée comme une preuve de filiation phylogénique, mais attribuée à de simples phénomènes de convergence réalisant des appareils semblables adaptés à des espèces et à des modes de vie différents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essais d'identification du facteur* A. *Le facteur* A *et le phytol.* Note (¹) de MM. **M. Javillier**, **P. Baude** et M^lle **S. Levy-Lajeunesse**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Diverses tentatives ont été faites pour identifier le facteur de croissance et d'équilibre désigné sous le nom de « facteur A » ou « facteur liposoluble » avec des substances chimiques connues. Ces tentatives ont conduit à reconnaître que le facteur A est différent des substances expérimentées : phosphatides, cholestérine, pigments jaunes des feuilles, etc.

Frappés de la richesse des feuilles vertes en facteur A et du parallélisme qui existe entre l'apparition de ce facteur et celle de la chlorophylle nous nous sommes demandé s'il n'y aurait pas quelque relation d'ordre chimique entre le facteur A et le pigment vert. Sans doute, il y a des organes végétaux qui renferment du facteur A sans être chlorophylliens; sans doute aussi, il existe nombre d'organes et produits d'origine animale riches en ce même facteur, mais une explication simple peut permettre de relier tous ces faits sans ruiner d'emblée notre hypothèse. Nous nous sommes donc proposé de rechercher s'il existe une relation d'ordre chimique entre la chlorophylle et le facteur A.

La chlorophylle est un corps de structure compliquée, dont les travaux de Willstætter et de ses collaborateurs nous ont appris, entre autres choses, qu'il est un éther-sel d'un alcool non saturé, à chaîne linéaire ramifiée, le phytol. La saponification de la chlorophylle conduit à une fraction saponifiée et à une fraction non transformable en savon, constituée surtout par le phytol. Or, l'on sait que, dans la saponification des huiles riches en facteur A, ce dernier reste dans la partie non saponifiée (²). Si quelque relation chimique existe entre la chlorophylle et le facteur A, ce doit, dès lors, être avec la partie non transformable en savon, c'est-à-dire, en somme, avec le phytol.

(¹) Séance du 27 octobre 1924.

(²) Voir, en particulier, les travaux de Mc Collum et de Steenbock et leurs collaborateurs.

Il est assez curieux de remarquer que ce phytol, dont nous ignorons encore, pour une bonne part, l'histoire chimique et physiologique, est un composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, non saturé (¹) facilement oxydable, à fonction alcoolique, distillable sous pression très réduite, toutes propriétés que, précisément, nous sommes enclins à attribuer au facteur A.

Le problème que nous nous sommes posé revenait donc à rechercher d'abord si le phytol lui-même se comporte, vis-à-vis de l'animal, directement ou indirectement, et dans une mesure quelconque, comme agent de croissance et d'équilibre.

Nous avons d'abord préparé, à partir de feuilles d'ortie récoltées, stabilisées et séchées par nous, des extraits acétoniques et des extraits alcooliques dont l'activité s'est révélée très notable. Introduits à la dose de $\frac{3}{1000}$ (²) dans un régime alimentaire privé de facteur A qui, à lui seul, provoquait chez le rat les phénomènes typiques de l'avitaminose A (³), ils le complétaient, donnaient aux animaux une croissance normale et les maintenaient en bonne santé. Employés pour guérir des animaux carencés, ils se montraient de même parfaitement efficaces.

Nous avons ensuite recherché si les mêmes extraits saponifiés laissent un insaponifiable actif. Cet insaponifiable s'est montré actif, aussi bien comme agent préventif que curatif de l'avitaminose A, à la dose de $\frac{7}{10000}$ du régime (²).

Partant alors de ces mêmes feuilles d'ortie, nous avons préparé du phytol dans un état de pureté aussi grand que possible. Notre produit présentait les caractères et les constantes du phytol de Willstaetter et avait été parfaitement libéré de tout pigment jaune.

L'expérience typique est la suivante (⁴) :

Trois rats blancs ♀ âgés de 78 jours, pesant en moyenne 49g, sont soumis au régime privé de facteur A. Leur régime pré-expérimental ayant été, sinon privé de facteur, du moins pauvre en celui-ci, les accidents visibles de la carence éclatent très vite. Les animaux croissent jusqu'au 53e jour, atteignant en moyenne 97g, font de la

---

(¹) On lui attribue la formule

$$\begin{array}{ccccccccccc} CH^3- & CH- & CH- & CH- & CH- & CH- & CH- & CH- & C= & C- & CH^2OH \\ & | & | & | & | & | & | & | & | & | & \\ & CH^3 & CH^3 & CH^3 & CH^3 & CH^3 & CH^3 & CH^3 & CH^3 & CH^3 & \end{array}$$

(²) C'est la dose expérimentée et non la dose limite.

(³) Ce régime est celui que nous avons indiqué dans une précédente publication (*Bull. Sc. Pharm.*, t. 31, 1924, p. 442) : fécule de pomme de terre 57g, huile d'arachide 15g, caséine 13g, sels 4g, cellulose 7g, levure de bière 4g.

(⁴) Les détails paraîtront dans un autre Recueil.

conjonctivite dès avant cette époque, baissent de poids et meurent aux environs du 72e jour, ne pesant plus que 50g environ.

Trois autres rats blancs ♀, de même âge et poids initiaux, reçoivent le même régime, mais, en plus, 0g,01 de phytol par jour et par 100g d'animal, dose relativement élevée qui exclut l'idée d'insuffisance d'apport en substance active si celle-ci est le phytol (1). Leur courbe de croissance est la même que celle des animaux carencés; les accidents sont aussi précoces; la mort est aussi et même plus prématurée.

Au contraire, des rats blancs ♀, de même âge et de même poids que les précédents, recevant, avec leur régime, de l'insaponifiable d'un extrait alcoolique de feuilles, se comportent comme des animaux normaux à tous égards.

Il résulte de ces essais que la substance active des insaponifiables d'extraits de feuilles n'est pas le phytol; ceci n'exclut d'ailleurs pas l'idée qu'elle puisse avoir avec lui quelque rapport d'origine ou de constitution.

Il est très important d'observer que, pour atteindre à ces résultats, il faut opérer avec du phytol pur. Nos premières expériences sur ce sujet ont été faites avec du phytol (2) qui renfermait encore une trace de carotène. Or ce phytol était loin d'être inactif; les animaux qui recevaient un régime renfermant ce produit n'avaient sans doute pas une courbe de croissance normale, mais présentaient, par rapport aux témoins carencés, une survie très notable. Ce même phytol, administré à un animal carencé présentant de l'ophtalmie, l'a passagèrement guéri et lui a redonné, très temporairement il est vrai, une courbe de poids ascendante. On voit que si le facteur A ne s'identifie pas avec le carotène comme l'a montré Drummond (3), il l'accompagne du moins avec une remarquable ténacité (4) au cours des manipulations que nous avons fait subir aux extraits de feuilles pour aboutir au phytol.

A 15h40m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h30m.

A. Lx.

---

(1) Cette dose représente environ le triple du phytol qu'aurait apporté la quantité d'insaponifiable total qui s'est montrée active dans les autres expériences.

(2) Et aussi avec de la phœophytine.

(3) *Bioch. Journ.*, t. 13, 1919, p. 81

(4) Voir, dans le même ordre d'idées les publications de Steenbock et ses collaborateurs (*J. Biol. Chem.*, t. 41, 1920, p. 81; t. 51, 1922, p. 63).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de Sir *Archibald Geikie*, Associé étranger, et de M *Eugène Simon*, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

M. A. **Lacroix** donne lecture de la notice nécrologique suivante :

Sir **Archibald Geikie** vient de s'éteindre à Haslemere, le 9 de ce mois, dans sa 89e année. Pendant sa longue vie, il a occupé parmi les géologues une place de tout premier plan. Il l'a due à la haute valeur de ses travaux personnels, à l'action prépondérante qu'il a exercée pendant si longtemps sur la géologie en Grande-Bretagne et aussi à l'autorité qu'il devait à ses qualités morales et sociales. Très porté à la discussion des théories générales, il a été cependant avant tout un géologue de terrain; les savants étrangers à son pays qui l'ont vu à l'œuvre dans l'Europe continentale et dans l'Amérique du Nord, ont pu apprécier la sûreté de son coup d'œil, sa vaste érudition, la clarté et l'éloquence avec lesquelles il savait exposer et défendre ses conceptions.

Né à Édimbourg, le 28 décembre 1835, Archibald Geikie était, vingt ans plus tard, assistant au Service géologique de l'Écosse; il y conquit rapidement l'estime de ses chefs et de ses collègues, aussi, lorsqu'en 1867, ce service fut doté de l'autonomie, en devint-il le premier directeur. Peu après, en 1871, Sir Roderick Murchisson, dont il était l'élève et l'ami, le désignait pour occuper la chaire de géologie et de minéralogie qui venait d'être créée à l'université d'Édimbourg. Il y professa jusqu'en 1881, époque à

laquelle il fut nommé directeur général du Service géologique de la Grande-Bretagne et directeur du Musée de géologie pratique, haute situation qu'il conserva pendant vingt ans. Au cours de cette longue carrière scientifique et administrative, Geikie a effectué personnellement une somme considérable de travail sur le terrain, levant lui-même beaucoup de cartes, exerçant, en outre, une grande influence sur la marche générale des services géologiques britanniques auxquels il imprima une remarquable activité. Sa direction a été signalée par beaucoup d'initiatives heureuses : c'est ainsi, par exemple, que prévoyant l'importance qu'allaient prendre les nouvelles méthodes d'investigation optique des roches, il organisa une section pétrographique qui n'a cessé de se développer et de rendre les plus éminents services; elle a été la pépinière d'où sont sortis la plupart des pétrographes anglais; c'est l'un d'eux, Harris Teall qui a remplacé Geikie comme directeur.

Les travaux personnels de Sir Archibald Geikie s'étendent dans les directions les plus variées de la géologie : histoire du vieux grès rouge dans l'Europe occidentale; histoire de la période glacière — il a été l'un des premiers à en étudier systématiquement les dépôts et à établir leurs relations avec la série des phénomènes qui les ont produits — étude de la dénudation en Écosse et de son rôle sur le modelé du terrain; il a publié des cartes géologiques d'ensemble de l'Écosse et de l'Angleterre. Il faudrait citer bien d'autres travaux, mais je n'insisterai que sur un ouvrage dans lequel il a condensé le résultat de son labeur de quarante années sur l'objet de prédilection de ses recherches, l'histoire de l'action volcanique dans les îles Britanniques; cet ouvrage synthétise bien d'ailleurs sa méthode, consistant à étudier minutieusement les faits dans la nature pour en tirer des conclusions d'ordre général.

S'il n'existe plus aucun volcan actif dans cette région, il est peu de pays qui, dans un lointain passé, ait été le siège d'une activité volcanique aussi intense et poursuivie pendant un aussi grand nombre de périodes géologiques. Mais ces vieux volcans ont été à maintes reprises disloqués par les mouvements du sol, rabotés par les érosions, ensevelis sous des sédiments, pour faire place ensuite à d'autres qui ont été soumis à leur tour aux mêmes vicissitudes. C'est leur histoire, singulièrement compliquée et difficile à déchiffrer, que Sir Archibald Geikie s'est donné pour tache d'élucider. Ses deux volumes intitulés *Ancient Volcanoes of Great Britain* que, par parenthèse, il a dédié à nos confrères Fouqué et Michel-Lévy, « représentants distingués, a-t-il écrit dans sa dédicace, de cette

école française de géologie qui, par les mains de Desmarets, a fondé l'étude des anciens volcans et a tant fait depuis pour la faire progresser ». Cette œuvre, d'une limpidité parfaite, bourrée de cartes, de coupes, de photographies, contient d'innombrables observations personnelles; elle est riche aussi en références bibliographiques dont un grand nombre se rapportent à des travaux de géologues, qui ont été les élèves, les collaborateurs, les continuateurs du maître; celui-ci a pu se flatter, en effet, d'avoir pour disciples tous ceux qui, en Angleterre, suivent la direction qu'il a illustrée.

Ce livre n'a pas simplement l'intérêt d'une vaste monographie; il est riche aussi en considérations théoriques sur le volcanisme, en général, en vues sur la différenciation des magmas, les cycles éruptifs, les modalités d'activité éruptive à travers les temps. Cette activité a été une, les volcans précambriens, dévoniens, carbonifères étaient semblables aux volcans tertiaires et ceux-ci aux volcans actuels; leurs produits ne sont pas différents. Aujourd'hui ces conclusions nons paraissent banales, mais il n'en a pas toujours été ainsi; elles ont été méconnues d'abord, combattues ensuite. Sir Archibald Geikie a contribué à les mettre en lumière, puis à les rendre évidentes; il les a exposées d'une façon saisissante et définitive.

Plus tard, il a publié dans le même ordre d'idées un intéressant travail sur les necks volcaniques du Fifeshire dont il a montré la grande analogie avec les cheminées diamantifères de l'Afrique australe et la disposition qui n'est pas liée aux accidents tectoniques de la région.

Sir Archibald Geikie ne s'est pas contenté de pousser très loin des recherches personnelles; il a fait aussi œuvre de professeur et d'éducateur. Son traité de géologie a eu plusieurs éditions; il a écrit d'excellents manuels de géographie physique et de géologie qui ont été traduits dans plusieurs langues. D'une haute culture générale, latiniste distingué, il est aussi l'auteur de nombreuses œuvres littéraires ou historiques.

L'histoire de la géologie l'a, en particulier, longuement préoccupé; il a publié une réédition critique de la *Théorie de la Terre* de Hutton et aussi du *Voyage géologique en Écosse* de notre compatriote Faujas de Saint-Fond. Enfin, lorsqu'en 1897 fut instituée à l'Université John Hopkins la fondation G.-H. Williams, il fut choisi, parmi tous les géologues du continent, pour inaugurer un cours sur les Principes de la géologie. Les leçons qu'il professa en cette circonstance, à Baltimore, ont été réunies en un bel ouvrage, « *The Founders of Geology* ». Ce n'est pas sans émotion qu'un lecteur français y lit les pages éloquentes et généreuses consacrées à Guettard et à Nicolas Desmarest, dans lesquelles est mis en évidence le rôle prépondérant

que ces deux inventeurs des volcans d'Auvergne ont joué dans la création de la science du volcanisme.

Sir Archibald Geikie avait été comblé de tous les honneurs nationaux, académiques, universitaires qu'un homme de science puisse recevoir en Angleterre et aussi en dehors de son pays. Pendant longtemps secrétaire de la Société royale de Londres (1890-1894; 1903-1908), il en a été président de 1908 à 1913. Il a présidé avec autorité la célébration du 250^e anniversaire de cette illustre compagnie. Lors du centenaire de la Société géologique de Londres, en 1907, nous avons été frappés par les témoignagnes de déférence dont nos confrères anglais et leur collègues venus de tous les points du monde entouraient leur vénérable président. Élu Correspondant de la Section de Minéralogie de notre Académie le 2 mars 1891, il était devenu Associé étranger le 26 novembre 1917.

Enfin pour terminer, à côté de ses titres scientifiques, il en est un autre que je crois pouvoir me permettre d'énoncer. Marié à une Française, Sir Archibald Geikie a été un ardent ami de la France, un ami sûr et de la première heure; il a été, en Angleterre, l'un des premiers promoteurs de l'entente cordiale. Beaucoup d'entre nous n'ont pas oublié la conférence qu'il a faite jadis à la Sorbonne pour plaider, et avec éloquence, le rapprochement des hommes de science des deux pays, conférence dans laquelle il a uni les œuvres géologiques de Lamarck et de Playfair.

Il y a près de quarante ans que j'ai fait la connaissance de Geikie dans le laboratoire de Fouqué; depuis lors, il avait bien voulu m'honorer de son amitié; j'avais pour le savant et pour l'homme une respectueuse admiration. Je remercie M. le Président d'avoir bien voulu me permettre de prendre la parole à sa place pour évoquer devant l'Académie le souvenir de l'éminent géologue qu'elle a été heureuse et fière de compter dans ses rangs pendant trente-trois années.

M. **Bouvier** prononce quelques paroles de regrets au sujet de la mort de M. *Eugène Simon*.

Note nécrologique sur M. Eugène Simon, par M. **Gravier**.

Eugène Simon, mort le 17 novembre 1924, était né à Paris, le 30 avril 1848. Il était Correspondant de l'Institut depuis 1909. Il avait été nommé

Correspondant du Muséum en 1896; il était devenu Associé du même établissement en 1918.

Il eut, dès sa plus tendre enfance, la passion des Sciences naturelles; et, à un âge où d'autres n'ont pas encore achevé leurs études secondaires, à 16 ans, il commença à écrire son *Histoire naturelle des Araignées*, qu'il a remaniée et complétée à bien des reprises; c'est un véritable monument, toujours consulté par les naturalistes qui s'adonnent à l'étude des Araignées, animaux dont les mœurs sont aussi curieuses que celles des Insectes.

Il alla chercher lui-même les matériaux de ses études, souvent dans des conditions fort pénibles, à travers le monde : sur tout le pourtour du bassin de la Méditerranée, en Afrique australe, en Égypte et au pays des Somalis, à Ceylan, aux Philippines, au Vénézuéla. Il rassembla ainsi la plus belle collection d'Araignées du monde, collection d'une valeur extrinsèque inappréciable; il l'a généreusement offerte au Muséum en 1918, en même temps que son admirable bibliothèque scientifique qui renferme, dans les langues les plus diverses, toutes les publications relatives aux Arachnides. Il était, pour tous, le maître incontesté de la science arachnologique.

Il était aussi un maître en Ornithologie, surtout en ce qui concerne les Oiseaux-Mouches; il a pu achever, il y a quelques années, un Ouvrage capital sur ces animaux, véritables bijoux animés. Il a en outre publié d'importants Mémoires sur les Crustacés inférieurs (Phyllopodes), alors très peu connus. Bien qu'il n'ait jamais eu de situation officielle, il fit école et forma de brillants élèves.

Il était fort instruit, non seulement en Zoologie, mais aussi en Botanique. Mycologue de grande valeur, il fut souvent le compagnon d'excursion du regretté Boudier.

Admirablement doué, ayant beaucoup vu et beaucoup retenu, il avait aussi beaucoup lu. Il connaissait remarquablement l'histoire et la littérature contemporaines. Sa conversation, entre intimes, était charmante et toujours instructive.

D'une grande modestie et d'une timidité presque maladive, il serait resté, malgré toute sa valeur et tous ses titres, un travailleur complètement isolé et ignoré, même du monde savant, s'il n'avait eu, au moins, la bonne fortune de rencontrer, au cours de sa carrière, l'éminent naturaliste M. E.-L. Bouvier. C'est uniquement grâce aux efforts persévérants de notre Confrère qu'il fut nommé Correspondant de l'Institut et qu'on lui accorda à 64 ans, la croix de la Légion d'honneur. Il fut promu au grade d'officier l'an dernier, à l'occasion du centenaire de Pasteur.

Chez tous ceux qui l'ont connu, il laissera le souvenir d'un naturaliste avisé et enthousiaste, d'un homme absolument désintéressé, d'un ami sûr et dévoué.

SPECTROSCOPIE. — *Propriété commune à des spectres très divers par l'origine et la structure. Action prépondérante du noyau de l'hélium.* Note de M. **H. Deslandres**.

I. J'ai annoncé en 1919 [1] la propriété suivante, reconnue sur 34 spectres de bandes distincts, dus à l'oxygène, à l'azote, au carbone et aux composés les plus simples qu'ils forment entre eux et avec l'hydrogène.

Dans chaque spectre, la tête de la bande la plus intense, exprimée en nombres de vibrations, est, à de faibles différences près, un multiple d'une même fréquence infrarouge, égale à 1062,5 (désignée par la lettre d_1).

Si ν est la fréquence de la tête de la bande la plus forte, on a la relation simple $\nu = qd_1$, q étant un nombre entier qui, pour les 34 spectres de cette première étude, est compris entre 1 et 52. Comme la partie lumineuse du spectre s'étend de la fréquence 12750 ou 12 d_1 à la fréquence 25500 ou 24 d_1, on voit que la loi précédente rapproche des spectres très éloignés les uns des autres dans l'échelle spectrale, la bande maxima étant en général au milieu du spectre ou près du milieu.

J'ai signalé aussi en 1919 neuf bandes infrarouges, qui sont dues aux mêmes corps, et dont la partie la plus intense peut être représentée en fréquences par la formule $\nu = \frac{qd_1}{r}$; d_1 étant toujours égal à 1062,5, q et r étant des nombres entiers petits inférieurs à 5.

Le résultat le plus saillant et le plus nouveau de la recherche est le rattachement à une même fréquence élémentaire de corps *a priori* très différents, tels que l'azote, le carbone, l'ammoniaque, l'oxyde de carbone et la vapeur d'eau. J'ai émis l'idée qu'il y avait là une propriété des noyaux atomiques, commune à tous les corps ou à un groupe de corps : les noyaux auraient leurs vibrations propres qui sont les multiples successifs de 1062,5. La valeur de cette fréquence élémentaire n'est pas présentée

---

[1] *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes* (*Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 745 et 1365).

comme définitive : une valeur légèrement différente, ou un sous-multiple de cette valeur pourront mieux convenir.

II. Plus tard en 1923, j'ai constaté, avec un certain étonnement d'ailleurs, que la loi précédente s'appliquait aussi aux spectres de lignes ou à un groupe important de spectres de lignes. La radiation la plus brillante d'un corps simple, et ses radiations dites ultimes, exprimées en fréquences, sont le plus souvent des multiples de 1062,5.

La recherche se heurte à des difficultés spéciales. Le spectre du corps doit être connu avec précision sur une grande étendue, de l'infrarouge à l'ultraviolet; et, comme les différentes parties sont relevées avec des appareils différents, il est souvent difficile de reconnaître la radiation qui, de toutes, est la plus intense. Lorsque le spectre a des séries du type Balmer, l'examen porte seulement sur la première raie du côté rouge, laquelle est la plus forte. En fait, pour la majorité des corps simples, les données actuelles de l'observation sont insuffisantes.

Cependant la loi a été vérifiée nettement pour plusieurs corps simples de poids atomique faible, en particulier pour l'hydrogène, l'hélium, le carbone, le sodium, le magnésium et le calcium. La Note de 1923 (1) énumère 54 radiations conformes à la loi et émises par 16 corps simples dont un seul a un nombre atomique supérieur à 20. La Note donne aussi les valeurs correspondantes du nombre entier q, comprises entre 2 et 38. Une seule raie, due au carbone ionisé, fait exception; avec elle le nombre q est élevé et égal à 137, ce qui pouvait tenir à une coïncidence fortuite.

III. La loi acquiert une réelle importance du fait qu'elle est commune aux deux classes de spectres, dont la structure, jusqu'ici, a été trouvée différente sur tous les points. D'ailleurs l'explication proposée en 1919 pour cette relation curieuse avec les spectres de bandes convient aussi évidemment avec les spectres de lignes. Les vibrations du noyau seraient les multiples de 1062,5; et j'ai admis qu'elles renforcent plus ou moins, par une sorte de résonance, les vibrations de l'atome. Mais il y a plus, les deux vibrations doivent être modifiées l'une par l'autre.

Il est difficile de se représenter les choses; notre connaissance du noyau est encore fort incomplète, et la théorie de Bohr, qui est remarquable, fixe bien des relations énergétiques, mais n'indique pas comment sont émises les vibrations dues aux électrons extérieurs de l'atome. Il est probable que

(1) *Extension à plusieurs spectres de lignes d'une propriété déjà reconnue sur plusieurs spectres de bandes* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 5).

le noyau atomique est formé de noyaux positifs d'hydrogène et d'hélium qui sont réunis par des électrons négatifs dits nucléaires [1]. Or un pareil assemblage est troublé lorsqu'un électron extérieur est déplacé dans son voisinage; les parties positives du noyau sont attirées, et les électrons nucléaires repoussés; d'où les vibrations admises ci-dessus. Avec des forces de rappel quasi élastiques, et conformément à la théorie des quanta, les vibrations sont harmoniques et représentées par les multiples d'une même fréquence. Nous retrouvons la loi expérimentale.

Supposons maintenant un électron extérieur décrivant une ellipse très allongée autour du noyau atomique placé à son foyer. L'électron agit sur les éléments du noyau qui, à leur tour, agissent sur lui, et un certain accord s'établit entre la vibration du noyau et la révolution de l'atome. On comprend par cet exemple simple l'action mutuelle des deux vibrations, et l'on explique les petits écarts constatés entre les radiations maxima des atomes et les multiples de 1062,5. Des écarts tout semblables ont été signalés par Rayleigh pour les corps sonores.

On peut objecter, il est vrai, qu'on n'a constaté encore aucune radiation émise par les noyaux de l'hydrogène et de l'hélium, qui ont été isolés de leurs électrons extérieurs. Mais a-t-on employé une excitation suffisante ou appropriée, et le rayonnement émis dans ces conditions peut être infra-rouge et difficile à déceler.

J'ai poursuivi la recherche dans l'ordre d'idées exposé ci-dessus, et je présente aujourd'hui de nouvelles vérifications et extensions de la loi posée. Des données très utiles ont été fournies par des mémoires récents, en particulier par les mémoires de Millikan et Lyman, qui se rapportent à l'ultraviolet extrême et sur plus de trois octaves [2]. Leurs mesures s'étendent de 2000 Å à 136 Å, ou en fréquences, de 50000 à 732000. Ma première idée avait été de les écarter : la valeur adoptée pour la fréquence élémentaire n'est pas sûrement très exacte; et, si on la multiplie par un nombre entier très grand, l'écart peut être notable. De plus les radiations sont mesurées avec un réseau qui donne les longueurs d'onde à $0^{A},2$ ou $0^{A},1$ près;

---

[1] On admet souvent que le noyau des atomes est ponctuel; c'est une hypothèse commode pour le calcul et admissible pour l'hydrogène. Rutherford a déduit de certains faits que le noyau des atomes doit être excessivement petit; cette déduction est probable, mais non certaine.

[2] MILLIKAN et BOWER, *Physical Review*, vol. 23, 1924, p. 1. — LYMAN, *Astrophysical Journal*, juillet 1924.

et, pour la fréquence 325000, l'erreur correspondante s'élève à 200 et 100. Il y a donc lieu de faire des réserves pour les radiations de très haute fréquence. Malgré tout la coïncidence des vibrations ultraviolettes les plus intenses des corps simples avec les multiples de d_1, est frappante, comme on le voit par le tableau ci-dessous qui, exactement avec les mêmes notations, prolonge un premier tableau similaire publié en juillet 1924.

TABLEAU COMPLÉMENTAIRE DES RAIES PREMIÈRES DE SÉRIES ET DES RAIES TRÈS BRILLANTES, QUI ONT MONTRÉ UN ACCORD AVEC LES MULTIPLES DE d_1 (1062,5) :

Hélium (A = 2). — Une raie nouvelle, première d'une série de raies simples par Lyman :

P $\lambda = 584,1$ $\quad \nu = 171115 \quad = 161 d_1 + 43$

Hélium ionisé (He^+). — Première raie de la série fondamentale $\nu = 4N(1/1 - 1/m^2)$, par Lyman :

$\lambda = 303,7 \quad \nu = 329272 \quad = 310 d_1 - 103$

L'hélium offre donc huit radiations fortes et en particulier les têtes des quatre séries de raies simples, qui sont conformes à la loi.

Bore neutre ou ionisé (A = 5). — Une raie signalée par Catalan, et trois raies qui sont les plus fortes du relevé de Millikan :

$\lambda = 2089,5$	$\nu = 47815$	$= 45 d_1 + 31$
$\lambda = 1624,4$	$\nu = 61650$	$= 58 d_1 - 55$
$\lambda = 1362,7$	$\nu = 73583$	$= 69 d_1 + 71$
$\lambda = 676,8$	$\nu = 147748$	$= 139 d_1 - 61$

Ces raies sont les seules du bore signalées jusqu'ici comme en accord avec la loi.

Carbone ionisé (A = 6). — Trois raies qui sont parmi les plus fortes de Millikan :

$\lambda = 1362,6$	$\nu = 73390$	$= 69 d_1 + 65$
$\lambda = 1175,6$ (1)	$\nu = 85062$	$= 80 d_1 + 61$
$\lambda = 904,1$	$\nu = 110106$	$= 104 d_1 + 106$

Le carbone offre dix raies conformes à la loi.

Azote ionisé (A = 7). — Seconde raie forte du spectre de Millikan :

$\lambda = 991,0 \quad \nu = 100912 \quad = 95 d_1 - 25$

Oxygène ionisé (A = 8). — Raies les plus fortes de Millikan :

$\lambda = 834,0$	$\nu = 119904$	$= 113 d_1 - 158$
$\lambda = 718,5$	$\nu = 139187$	$= 131 d_1 + 0$
$\lambda = 703,1$	$\nu = 142225$	$= 134 d_1 - 150$
$\lambda = 599,5$	$\nu = 166800$	$= 157 d_1 - 12$

(1) Les deux raies les plus fortes de Millikan sont λ 1175 et λ 1335. La première est dans le tableau, et la seconde est un multiple presque exact de $d_1/2$: λ 1335,0 ou ν $74909 = 141 \times d_1/2 + 3$.

L'oxygène offre jusqu'ici cinq raies en accord.

Fluor ionisé (A = 9). — Raie la plus forte du spectre de Millikan :

$$\lambda = 606,9 \qquad \nu = 164772 \quad = 155 d_1 + 84$$

Silicium ionisé (A = 14). — Une raie ultraviolette de Sawyer et Patin, notée comme la plus forte et deux raies qui sont les plus fortes du spectre de Millikan :

$$\lambda = 2541,9 \qquad \nu = 39340,5 = 37 d_1 + 28$$
$$\lambda = 1403,0 \qquad \nu = 71276 \quad = 67 d_1 + 89$$
$$\lambda = 1206,5 \qquad \nu = 82884 \quad = 78 d_1 + 9$$

On compte actuellement cinq raies en accord.

Phosphore ionisé (A = 15). — Raie la plus forte du spectre de Millikan :

$$\lambda = 950,6 \qquad \nu = 105202 \quad = 99 d_1 + 15$$

Cette raie est jusqu'ici la seule en accord.

Soufre ionisé (A = 16). — Deux raies parmi les plus fortes du soufre, marquées toutes avec la même intensité :

$$\lambda = 764,7 \qquad \nu = 130779 \quad = 123 d_1 + 92$$
$$\lambda = 729,4 \qquad \nu = 137099 \quad = 129 d_1 + 33$$

Chlore neutre ou ionisé (A = 17). — Une raie forte de Paschen et les deux raies les plus fortes de Millikan :

$$\lambda = 2614,4 \qquad \nu = 38249 \quad = 36 d_1 - 1$$
$$\lambda = 960,4 \qquad \nu = 104121 \quad = 98 d_1 - 4$$
$$\lambda = 840,9 \qquad \nu = 118926 \quad = 112 d_1 - 94$$

Potassium ionisé (A = 19). — Deux raies, les plus fortes de Mac Lennan, et la raie la plus forte de Millikan :

$$\lambda = 2143,9 \qquad \nu = 46644 \quad = 44 d_1 + 106$$
$$\lambda = 1742,2 \qquad \nu = 57399 \quad = 54 d_1 + 23$$
$$\lambda = 470,4 \qquad \nu = 212570 \quad = 200 d_1 + 71$$

Si, aux 27 raies du tableau on ajoute 51 raies du tableau publié en juillet, on a 78 raies émises par les 20 premiers corps simples, qui sont les plus fortes de leurs spectres de lignes, et sont en accord avec la loi. Leur examen conduit aux remarques suivantes : les radiations conformes à la loi sont plus nombreuses avec l'atome ionisé, ce que l'explication proposée permet de comprendre; elles sont aussi plus nombreuses avec les atomes dont le poids atomique est un multiple de 4, et dont le noyau apparaît formé par la juxtaposition de noyaux d'hélium. Le résultat est le même avec les autres corps simples : ceux dont le poids atomique est un multiple de 4, comme le titane, le chrome, le zinc, le cadmium, le mercure, ont un plus grand nombre de radiations fortes en accord avec la loi. D'où la con-

clusion finale : Les radiations attribuées aux noyaux atomiques doivent être simplement les vibrations du noyau d'hélium, qui se retrouve dans tous les autres noyaux; et le noyau d'hélium, comme on le sait, est la particule α des corps radioactifs.

IV. Les spectres de bandes ont été aussi l'objet d'une recherche analogue : de nouveaux spectres de bandes, conformes à la loi, ont été ajoutés à ceux présentés en 1919. Je citerai en particulier le spectre de bandes attribué à la silice; Jevous et Angel del Campo l'ont obtenu avec des excitations différentes, et les bandes maxima, indiquées ci-dessous en fréquences, sont différentes :

$$\lambda = 2694,5 \qquad \nu = 37118 = 35\,d_1 - 74$$
$$\lambda = 2413,9 \qquad \nu = 41427 = 39\,d_1 - 10$$

Les deux bandes maxima comprennent entre elles une raie forte du spectre de lignes du silicium, également en accord avec la loi.

J'ai considéré aussi le rayonnement restant de Nichols-Rubens, donné par la silice cristallisée, autrement dit par le quartz. Le rayon restant le plus intense est voisin de la fréquence d_1 (1062,5) et le second rayon voisin de la moitié de cette fréquence

$$\lambda = 90500 \qquad \nu = 1105 \quad = d_1 - 42$$
$$\lambda = 197000 \qquad \nu = 507,5 = d_1/2 - 24.$$

Chose curieuse, le mica qui est associé au quartz dans le granit, a les mêmes rayons restants, à de faibles différences près, les fréquences étant 1090 et 531,2; et l'on sait que ces rayons restants sont considérés comme émis par la molécule du corps cristalisé [1]. Là encore la fréquence 1062,5 préside à l'émission, et le rayonnement provient non plus d'un atome, mais d'une molécule; avec la silice (SiO^2), les poids atomiques des composants sont des multiples de celui de l'hélium.

Tous ces rapprochements, tous ces faits mettent en relief l'action prépondérante du noyau de l'hélium; mais il faudrait constater l'émission directe par ce noyau de la radiation élémentaire et de ses harmoniques. On peut espérer réussir en soumettant le particule α aux excitations les plus variées. J'aurais déjà commencé la recherche, si l'Observatoire de Meudon avait eu à sa disposition les corps radioactifs qui sont nécessaires.

---

(1) Il sera intéressant de comparer aux rayons restants du feldspath et aussi du diamant, encore non relevés à ma connaissance. A signaler aussi le spath d'Islande dont les rayons restants les plus intenses sont $\nu\,330,0 = d_1/3 - 24$ et $\nu\,106,3 = d_1/10 - 0,2$. On est conduit à considérer les sous-multiples de 1065, dont l'intervention apparaît naturelle, avec l'explication proposée en 1919.

ASTRONOMIE. — *L'évolution des étoiles et le diamètre solaire.* Note de M. **Maurice Hamy**.

La présente Note se rapporte à un sujet que j'ai déjà beaucoup travaillé et qui se rattache à la question de l'évolution des étoiles. Suivant la théorie élaborée, il y a une dizaine d'années, par l'astronome américain Russell, les étoiles prendraient naissance sous forme d'une masse diffuse extrêmement étendue, présentant le spectre des étoiles rouges. Elles passeraient ensuite à l'état d'étoiles jaunes puis blanches, en se condensant. Quelques-unes, les plus massives et les plus chaudes, deviendraient bleues comme les étoiles d'Orion. La condensation jointe à la perte de chaleur par rayonnement continuant, les mêmes apparences lumineuses se produiraient en sens inverse, pour se terminer par la formation d'astres obscurs. Dans la phase ascendante de l'évolution, les étoiles, en raison de leurs volumes, sont appelées géantes. Dans la période descendante, où la condensation est plus ou moins avancée, elles portent le nom d'étoiles naines. En fait, le développement de nos connaissances sur les éclats des étoiles, leurs parallaxes, leurs températures, leurs masses et la mesure directe de leurs diamètres a mis hors de doute l'existence de ces deux catégories d'astres. Les géantes et les naines de mêmes couleurs possèdent d'ailleurs des spectres sensiblement identiques.

Cependant l'astronome anglais Eddington, s'appuyant sur des faits d'expérience, croit être en mesure d'affirmer que les étoiles, d'un bout à l'autre de leur existence, se conduiraient sensiblement comme si elles étaient constituées de gaz parfaits et leur rayonnement serait à peu près uniquement fonction de leurs masses.

Il en résulterait une réfutation des idées de Russell, à moins d'admettre la transmutation d'une partie de la masse de ces gaz en énergie extérieure, au cours de l'évolution, dont la durée devrait être de l'ordre de grandeur du trillion d'années.

N'adopterait-on pas à la lettre ce nombre formidable, il est hors de doute que l'évolution stellaire exige des durées fabuleusement étendues qui font obstacle à la vérification directe de l'exactitude des hypothèses que l'on peut émettre à ce sujet. Avant que les spectres des étoiles aient éprouvé des variations sensibles, au cours des millénaires, les documents actuels, qui devraient être comparés aux documents futurs, pour déceler des faits nouveaux, auront disparu, sans laisser de traces; l'humanité elle-même

aura peut-être été rejoindre les espèces ensevelies dans l'oubli. Mais il y a une étoile particulière, sœur très modeste de toutes celles répandues dans l'univers, qui, en raison de sa proximité, peut être soumise à des investigations ne faisant pas intervenir les variations à longue échéance de son spectre, pour l'étude de l'évolution : c'est le Soleil. On peut, en principe, attaquer la question de la durée de son évolution, en cherchant à mesurer la contraction séculaire de l'astre, c'est-à-dire la diminution de son diamètre angulaire. Là encore, il faut bien le reconnaître, l'expérimentateur a été jusqu'ici à peu près désarmé. Il arrive, en effet, que l'image du Soleil, dans une lunette, est limitée par un contour circulaire, auquel il convient de donner le nom de bord optique, contour qui n'est qu'une apparence, n'admettant aucune définition physique et sans rapport avec le bord géométrique nettement tranché que l'on observerait si le phénomène de la diffraction était inexistant. En fait, les observations micrométriques du bord optique comportent des erreurs systématiques variables, au sujet desquelles Ch. André, ancien directeur de l'Observatoire de Lyon, le seul astronome français qui se soit sérieusement préoccupé, au point de vue théorique, de la détermination du diamètre solaire (¹), s'est exprimé de la façon suivante :

« Au point de vue pratique, le diamètre angulaire d'un astre tel que le Soleil n'a point une valeur constante; il change avec l'instrument employé, avec l'intensité de l'image focale et l'éclairement du champ sur lequel on le mesure. C'est ainsi que s'expliquent les différences trouvées, pour le diamètre solaire, avec des instruments ou des verres absorbants différents. »

Les recherches théoriques auxquelles je me suis livré, depuis quelques années, en vue de la détermination précise du diamètre solaire, ont pour objet de créer une méthode exempte de ces difficultés. J'ai été amené, dans ce but, à me poser le problème suivant :

Un astre de diamètre 2ε, de l'ordre de grandeur de celui du Soleil, étant observé au foyer d'une lunette, diaphragmée par une fente rectiligne, de largeur a et de longueur h, trouver la valeur de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie de l'image, parallèle au grand côté de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'astre.

Le travail le plus considérable que j'ai publié, sur ce sujet [2], se rapporte au cas où la surface de l'astre possède un éclat uniforme. Dans cette

[1] CH. ANDRÉ, *Traité d'Astronomie stellaire*, t. 1, 1899, p. 38.

[2] *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 8e série, t. 3, 1920, p. 153; voir aussi *Bulletin astronomique*, 2e série, t. 1, 1921, p. 197.

hypothèse, j'ai montré comment les résultats théoriques, auxquels je suis parvenu, fournissent un moyen direct de détermination du diamètre angulaire vrai de l'astre, tel qu'on l'observerait si le phénomène de la diffraction était inexistant ([1]).

Le procédé de mesure indiqué est applicable, en première approximation, au Soleil; mais l'éclat de sa surface allant en diminuant, du centre au bord, par suite de l'absorption de son atmosphère, il faut, pour aller plus loin, tenir compte, dans la théorie, du défaut d'uniformité de la surface du disque.

J'ai déjà obtenu, dans cette voie, de nombreux résultats, non encore publiés. Je me bornerai ici à fournir quelques indications générales, en ce qui les concerne.

La première question qui se pose est de représenter analytiquement l'éclat intrinsèque angulaire $\mathcal{E}$, en un point du disque, en fonction de la distance au centre ρ, le rayon de l'astre étant pris comme unité. Le résultat auquel je suis parvenu est le suivant : $A_0, A_1, A_2, \ldots$ étant des constantes, à déterminer par l'expérience, $\mathcal{E}$ s'exprime par une série convergente de la forme

$$\mathcal{E} = A_0 + A_1\sqrt{1-\rho^2} + A_2(1-\rho^2) + \ldots + A_n(1-\rho^2)^{\frac{n}{2}} + \ldots$$

Ce développement, même limité aux cinq premiers termes, représente très bien les résultats des bonnes observations modernes ([2]), en prenant :

$A_0 = 0{,}257379$; $A_1 = 0{,}941025$; $A_2 = 0{,}255333$; $A_3 = 0{,}076874$; $A_4 = 0{,}019945$.

C'est ce que montre le tableau suivant, qui se rapporte à la longueur d'onde λ5062.

ρ.	$\mathcal{E}$ observé.	$\mathcal{E}$ calculé.
0,00	1,0000	1,0000
0,20	0,9891	0,9882
0,40	0,9510	0,9505
0,55	0,8998	0,9003
0,65	0,8516	0,8521
0,75	0,7871	0,7865
0,825	0,7196	0,7195
0,875	0,6605	0,6607
0,92	0,5909	0,5911
0,95	0,5289	0,5285
0,97	0,4719	0,4721

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 888.

([2]) C.-G. Abbot, F.-E. Fowle and L.-B. Aldrich, *On the distribution of radiation over the sun's disk and new evidence of the solar variability*. (*Smithsonian miscellaneous collections*, vol. 66, n° 5, May 1916.)

Les résidus ne dépassent pas l'ordre de grandeur des erreurs pouvant affecter les observations. On pourrait, au surplus, les réduire, en prenant un terme de plus dans la formule.

Partant de l'expression de $\mathcal{E}$, on établit que l'intensité lumineuse, dans la direction φ, est proportionnelle à la quantité K, définie par l'égalité

$$m^2 n^2 \mathrm{K} = \Sigma \mathrm{A}_{2\sigma} \mathrm{K}_{2\sigma} + \Sigma \mathrm{A}_{2\sigma+1} \mathrm{K}_{2\sigma+1} \qquad (\sigma \geqq 0),$$

dans laquelle on a, en appelant λ la longueur d'onde des radiations admises dans l'œil de l'observateur,

$$m = \frac{\pi h \sin \varepsilon}{\lambda}, \qquad n = \frac{\pi a \sin \varepsilon}{\lambda}, \qquad \alpha = \frac{\sin \varphi}{\sin \varepsilon},$$

$$\mathrm{K}_{2\sigma} = \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{u-\alpha} \right]^2 (1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}} du \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin n\sqrt{1-u^2}\, z}{z} \right]^2 (1-z^2)^{\sigma} dz,$$

$$\mathrm{K}_{2\sigma+1} = \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{u-\alpha} \right]^2 (1-u^2)^{\sigma} du \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin n\sqrt{1-u^2}\, z}{z} \right]^2 (1-z^2)^{\sigma+\frac{1}{2}} dz.$$

C'est au calcul difficile et très laborieux de ces intégrales doubles que se ramène la solution du problème posé. Le paramètre m a une valeur très élevée (30000 environ pour une fente de 1^{m} de longueur). Le paramètre n est également élevé, mais moins que m, le rapport $\frac{n^2}{m}$ ne dépassant pas quelques unités.

Les intégrales $\mathrm{K}_{2\sigma}$ et $\mathrm{K}_{2\sigma+1}$ se subdivisent elles-mêmes en plusieurs autres, réclamant chacune des expressions analytiques particulières, suivant que l'on cherche à calculer l'intensité lumineuse, au centre de l'image du disque, en un point intérieur à l'image du disque et non voisin du bord géométrique, en un point voisin du bord géométrique, ou en un point de l'image, extérieur au bord géométrique et non voisin de ce bord.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de préparation des éthers-oxydes.* Note (¹) de M. J.-B. **Senderens.**

I. Jusqu'à ces dernières années la préparation des éthers-oxydes par l'action de l'acide sulfurique sur les alcools semblait n'avoir réussi que pour l'alcool éthylique et à un degré beaucoup moindre pour le méthanol. En 1885, Norton et Prescott (²) avaient obtenu difficilement l'éther propy-

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

(²) *Amer. Chem. J.*, t. 6, 1885, p. 263.

lique par ce procédé qu'ils déclaraient inapplicable aux éthers butylique et amylique. Depuis lors, en 1908, ce dernier éther avait été préparé dans des conditions avantageuses par Schroeter et Sondag, en chauffant l'alcool isoamylique avec 10 pour 100 d'acide sulfurique concentré (1) et, avec des doses beaucoup plus faibles du même acide, Meisenheimer transformait en éther l'alcool benzylique (2).

En rapprochant ces derniers résultats de ceux que j'avais signalés pour la transformation des alcools en carbures, laquelle exige d'autant moins d'acide sulfurique que le poids moléculaire de l'alcool est plus élevé (3), j'entrevis la possibilité d'arriver aux éthers-oxydes en employant des doses convenables d'acide. Je fus ainsi amené à déterminer les quantités d'acide sulfurique concentré ou étendu qui donnaient le plus d'éther avec chaque alcool. L'éthérification se faisait dans un ballon muni d'un réfrigérant descendant, en maintenant 2 à 3 heures à l'ébullition le mélange d'alcool et d'acide au degré donné par un thermomètre dont le réservoir plongeait dans le mélange.

Il ne sera question dans cette Note que des éthers oxydes de la série grasse.

II. Nous avons indiqué précédemment les conditions dans lesquelles s'éthérifient par l'acide sulfurique les alcools éthylique et méthylique (4).

Oxyde de propyle $(CH^3 - CH^2 - CH^2)^2O$. — A ce qui en a été déjà dit (5) nous ajouterons que cet oxyde se dissout à froid dans son volume d'acide sulfurique concentré d'où le sépare l'addition d'eau tandis que le propanol reste dissous. C'est une méthode de purification applicable aux autres éthers oxydes. L'oxyde de propyle s'obtient en chauffant à 125°-130° un mélange de 100^{vol} de propanol avec 40^{vol} d'acide sulfurique 66° B., ou mieux avec 60^{vol} de $SO^4H^2 + 2H^2O$. C'est un liquide d'odeur agréable qui bout à 86°-88°.

Oxyde de butyle $(CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH^2)^2O$. — Avec les proportions de 100^{vol} de butanol et de 25^{vol} à 30^{vol} d'acide sulfurique 66° B., qui paraissent les meilleures, il faut, pour éviter un trop fort dégagement du butène,

(1) SCHROETER et W. SONDAG, *D. Ch. G.*, t. 41, 1908, p. 1921.

(2) *D. Ch. G.*, t. 41, 1908, p. 1420. — Cf. SENDERENS, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1412.

(3) SENDERENS, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 392, et t. 154, 1912, p. 777; *Ann. Chim.*, 9e série, t. 18, 1922, p. 127.

(4) J.-B. SENDERENS, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 15.

(5) J.-B. SENDERENS, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 813.

opérer avec un réfrigérant ascendant. Après refroidissement, le liquide du ballon fournit par addition d'eau une couche supérieure d'où le traitement qui sera indiqué dans la purification de l'oxyde d'isopropyle permet de retirer, en oxyde de butyle, les 30 pour 100 du butanol employé.

Avec un réfrigérant descendant on n'a que peu de butène en employant l'hydrate $SO^4H^2 + 4H^2O$ (100^{vol}).

J'ai trouvé ponr cet éther le point d'ébullition donné par les auteurs : 140°-141°.

Oxyde d'isobutyle $\left(\begin{smallmatrix}CH^3\\CH^3\end{smallmatrix}>CH - CH^2\right)^2 O$. — Le mélange alcool ($100^{vol}$) et acide sulfurique 66° B. (20^{vol}) ne s'éthérifie bien que vers 120°-122° au-dessus desquels le butène devient abondant. On maintient cette température par un écoulement convenable de l'alcool isobutylique dans le ballon. On a comme rendement les 30 pour 100 de la théorie.

Le plus grand désaccord règne sur le point d'ébullition de l'oxyde d'isobutyle qui serait 100°-104° d'après Wurtz, 98° d'après Puchot et 122° d'après Reboul.

L'oxyde d'isobutyle que j'ai obtenu, purifié comme il sera dit pour l'éther isopropylique, bout à 102-104°, $H = 750^{mm}$.

Oxyde d'isoamyle $\left(\begin{smallmatrix}CH^3\\CH^3\end{smallmatrix}> CH - CH^2 - CH^2\right)^2 O$. — Le mélange d'alcool isoamylique (100^{vol}) et d'acide sulfurique à 66° B. (10^{vol}) est maintenu à 130-135°. Il distille de l'amylène avec un peu d'alcool, et l'oxyde reste dans le liquide du ballon où l'addition d'eau le fait surnager. Après décantation et neutralisation, cette couche supérieure est soumise à la distillation fractionnée qui permet d'obtenir en oxyde d'isoamyle les 60 pour 100 de la théorie. Le rendement est seulement de 40 pour 100 avec

$$SO^4H^2 + 2H^2O \quad \text{et} \quad SO^4H^2 + 4H^2O,$$

employés le premier dans la proportion de 16 pour 100 et le second de 20 pour 100 d'alcool isoamylique.

L'oxyde d'isoamyle pur que j'ai préparé bout à 169-170° $H = 754^{mm}$ et à 171-172° corrigé.

III. Les *alcools secondaires* exigent beaucoup moins d'acide sulfurique que les *primaires* pour être convertis en carbures [1]. Il en sera de même pour leur éthérification comme le montre le tableau suivant où les volumes d'acide sulfurique 66° B. sont rapportés à 100 volumes de chaque alcool.

---

(1) J.-B. SENDERENS, *Ann. Chim.*, 9e série, t. 18, 1922, p. 128 et suiv.

Alcools.	Acide sulfurique.
Propanol 1	40 à 45 vol.
Propanol 2	15 à 20 »
Butanol 1	25 à 30 »
Butanol 2	5 à 6 »
Octanol 2	1 à 1,5 »

Oxyde d'isopropyle $\left(\frac{CH^3}{CH^3} > CH\right)^2 O$. — Avec l'acide sulfurique concentré, l'alcool isopropylique s'éthérifie mal, tandis qu'au contraire, avec l'hydrate $SO^4H^2 + 2H^2O$ et mieux encore avec $SO^4H^2 + 4H^2O$ (volume égal à celui de l'alcool) on obtient un distillat renfermant parties à peu près égales d'oxyde et d'alcool, que l'on sépare par un premier fractionnement au tube Vigreux et en traitant ensuite la portion qui passe au-dessous de 75° par son volume de $SO^4H^2 + 7H^2O$ (acide sulfurique à 36° B.) dans lequel le propanol$_2$ se dissout, tandis que l'éther isopropylique y est insoluble, mode de séparation qui s'applique à la plupart des oxydes décrits dans cette Note. Le rendement en éther isopropylique pur est d'environ les 40 pour 100 de la théorie. C'est un liquide d'odeur agréable de menthe camphrée. Il bout à 67-68°, $H = 750^{mm}$. Sa densité est 0,7282 à 17°.

Oxyde de butyle secondaire $\left(\frac{CH^3 - CH^2}{CH^3} > CH\right)^2 O$. — Par une ébullition très modérée du mélange butanol et acide indiqué plus haut, la température monte peu à peu de 95° à 103°-104° où, le dégagement de butène devenant abondant, on arrête l'opération. Il y a avantage à cohober deux ou trois fois. L'éther butylique se trouve en majeure partie dans le distillat, mais le liquide du ballon en renferme une certaine quantité qui s'en sépare par l'addition de 2^{vol} d'eau et qu'on ajoute au distillat. Purifié comme le précédent, l'oxyde de butyle secondaire est un liquide à odeur de menthe, qui bout à 120°-122°, $H = 748$, $D^{17} = 0,761$. On obtient les 30 pour 100 du rendement théorique.

Oxyde d'octyle secondaire $\left(\frac{CH^3 - (CH^2)^5}{CH^3} > CH\right)^2 O$. — Pour obtenir cet éther oxyde on ne peut guère dépasser 1 à 1,5 d'acide à 66°B. pour 100 d'octanol$_2$ sous peine de n'avoir que de l'octène, lequel se formerait encore presque exclusivement si l'on ne maintenait l'ébullition du mélange au voisinage de 135°. Il distille de l'octène normal (caprylène) bouillant à 124° et, dans le ballon, on a un mélange d'octène, d'octanol$_2$ et d'oxyde d'octyle que la différence notable de leurs points d'ébullition permet aisément de séparer. Cet oxyde d'octyle, que je n'ai pas vu décrit, bout à 263°-264°, $H = 753$,

$D^{15}=0,807$. Le rendement correspond aux 35 pour 100 de la théorie. Mis à bouillir avec 2 pour 100 de SO^4H^2 il se convertit totalement en eau et en octène, ce qui exclut toute formation de cétène $C^{16}H^{32}$ dont il se rapproche par ses constantes.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Émile Picard**, **P. Appell**, pour la Division des sciences mathématiques; MM. **A. d'Arsonval**, **H. Le Chatelier**, pour la Division des sciences physiques; MM. **A. Rateau**, **L. Lumière**, pour la Division des applications de la science à l'industrie, sont élus membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président, dressera la liste de présentation à la place laissée vacante par la mort de M. *H. de Chardonnet*.

NOMINATIONS.

Le Président du **Comité d'organisation du centenaire de la naissance de Jean Charcot**, qui sera célébré en mai 1925, prie l'Académie de donner son patronage à la commémoration de cet anniversaire.

L'Académie décide de se faire représenter par son Président.

CORRESPONDANCE.

MM. **Jean Baratoux**, **Louis Bargeron**, **Paul Bloch**, **Alfred Boquet** et **Léopold Nègre**, **Noël Fiessinger**, **André Guillaume**, **Emmanuel Hédon**, **Clodomir Houard**, **Adrien Perret-Maisonneuve**, **René Vandendries** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° S. Métalnikhov. *Immortalité et rajeunissement dans la biologie moderne.* (Présenté par M. F. Mesnil.)

2° *Calcul vectoriel. Théorie, applications géométriques et cinématiques*, par A. Chatelet et J. Kampé de Fériet. (Présenté par M. Appell.)

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la transcendance de e^e et de certains autres nombres.* Note (¹) de M. **D. Mordouhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

Il n'est pas difficile, selon la remarque de M. Hadamard, de généraliser les résultats de nos Notes présentées à l'Académie (²) en remplaçant la fraction $\frac{\alpha}{\beta}$ par un nombre algébrique.

Pour l'identité fondamentale, on doit prendre celle qui est utilisée par H. Weber (³) :

$$\text{(1)} \qquad F(0)\sum_{j=1}^{j=n} c_j e^{x_j} = \sum_{j=1}^{j=n} c_j F(x_j) + \sum_{j=1}^{j=n} c_j e^{\xi_j} Q(x_j),$$

les x_j étant des racines d'une équation algébrique

$$\text{(2)} \qquad \beta x^n + \beta_1 x^{n-1} + \ldots + \beta_n = 0$$

telle que toutes les combinaisons

$$(^*) \qquad \sum_{j=1}^{j=n} c_j g(x_j),$$

où $g(x)$ est une fonction rationnelle, soient égales à des nombres rationnels,

$$F(x) = f(x) + f'(x) + \ldots + f^{\nu}(x),$$
$$f(x) = \frac{[\varphi(x)]^{p-1}\varphi'(x)}{p-1\,!},$$
$$\varphi(x) = x^h \chi(x),$$
$$\psi(x) = \frac{(x-x_1)(x-x_2)\ldots(x-x_n)}{D[\chi(x), \chi'(x)]},$$

(¹) Séance du 10 novembre 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 724; t. 177, 1923, p. 475.
(³) H. Weber, *Lehrbuch der Algebra*, Braunschweig. Bd 2, 1899, § 226-228.

h est tel que

$$\sum_{j=1}^{j=n} c_j \varphi'(x_j) = \sum_{j=1}^{j=n} c_j x_j^h \psi'_j(x_j) \gtrless 0,$$

$$Q(x) = \partial_\nu q_\nu x^\nu + \partial_{\nu-1} q_{\nu-1} x^{\nu-1} + \ldots + \partial_0 q_0 \qquad |q_\nu| < 1.$$

De l'identité (1), on déduit que

$$(3) \qquad |\Sigma c_j e^{x_j}| > \frac{1}{\beta^{\rho !}},$$

où ρ ne dépend pas de β.

1° Dans ce but, on démontre d'abord que

$$\sum_{j=1}^{j=n} c_j F(x_j) = \frac{\theta}{\beta^\mu},$$

θ étant un entier différent de zéro : ceci à l'aide de la relation

$$F(x_j) = \varphi'(x_j)^p + p\Lambda_p(x_j) + p(p+1)\Lambda_{p+1}(x_j) + \ldots$$

(Λ_x étant des polynomes à coefficients entiers) qui donne la congruence

$$\beta^\mu \sum_{j=1}^{j=n} c_j F(x_j) \equiv \beta^\mu \sum_{=1}^{j=n} c_j \varphi'(x_j)^p \equiv \beta^h [\Sigma c_j \varphi'(x_j)]^p \equiv \beta^h k^p \qquad (\bmod p).$$

2° On établit ensuite l'inégalité

$$|\Sigma c_j e^{\xi_j} Q(x) < | \frac{1}{\beta^{\nu+1}},$$

ou, ce qui est la même chose, on résout l'inégalité

$$\frac{\Im^\nu e^{|x|\sigma}}{\sqrt{2\pi} q^q e^{-q}} < \frac{1}{\beta^{\nu+1}}, \qquad \max|x_k - x_c| = \Im,$$

$$q = p - 1, \qquad \sigma = \sum_{j=1}^{j=n} |c_j|.$$

3° Enfin, on établit que pour p convenablement choisi et Q étant un nombre indépendant de p,

$$F(0) < Q^\nu(\nu+1)!$$

Il reste à se débarrasser de la condition (*).

Si $\Sigma c_j e^{x_j}$ ne satisfait pas à cette condition, on prend $\Lambda = \Pi \Sigma c_j e^{x_j}$ où Π est étendu à toutes les combinaisons qu'on obtient par les substitutions du groupe de l'équation (2) et en remarquant que $\Lambda = \Sigma D_j e^{\varsigma_j}$ satisfait à la

condition (*), z étant défini par l'équation

$$\beta^s z^\rho + \gamma^{\rho-1} + \ldots + \gamma_{\rho-1} z + \gamma_\rho = 0;$$

on obtient

$$\sum_{j=1}^{j=n} c_j e^{x_j} > \Sigma D_j e^{z_j} > \frac{1}{\beta^{\omega}!} \qquad \omega = s\nu.$$

I. La première conséquence de l'inégalité (3) est la généralisation du résultat de la première note : la condition de l'exprimabilité par $\log\omega$ devient la condition de l'exprimabilité par une fonction algébrique de $\log\omega$.

$\Sigma(-1)^{n-1}\frac{1}{(n)^n!}$ n'est pas exprimable par une fonction algébrique du logarithme d'un nombre algébrique en particulier par une fonction algébrique de $\pi = \frac{\log(-1)}{i}$. Pour établir ces résultats, il faut de la même manière que dans la note mentionnée obtenir pour ω algébrique

$$|\log\omega - x| > \frac{1}{\beta^{\nu}!},$$

d'où une inégalité analogue pour $\Omega(\log\omega)$ — polynome en $\log\omega$, égal à $\beta^n \Pi(\log\omega - x_j)$ enfin pour $N(\log\omega)$ — fonction rationnelle de $\log\omega$

(4) $$\left|N(\log\omega) - \frac{\alpha}{\beta}\right| > \frac{1}{\varphi(\beta)^{\omega}!} > \frac{1}{\beta^{\tau}!},$$
$$\varphi(\beta) = C_0\beta^{\mu} + C_1\beta^{\mu-1} + \ldots + C_{\mu-1}\beta + C_{\mu},$$

et étendre, en remarquant que

$$f\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) = \left(\frac{\alpha}{\beta} - \xi\right) f'\left[\xi + \theta\left(\frac{\alpha}{\beta} - \xi\right)\right] \qquad (0 < \theta < 1)$$

l'inégalité (4) aux fonctions algébriques de $\log\omega$: $A(\log\omega)$.

II. La seconde conséquence se rapporte aux démonstrations de la transcendance de certains nombres, par exemple e^e, $\log\pi$, etc.

Pour démontrer la transcendance de e^{e^ξ} où ξ est algébrique, il faut utiliser l'identité

(5) $$F(0)\sum_{j=1}^{j=n} C_j e^{je^\xi} = \sum_{j=1}^{j=n} C_j F(je^\xi) + \sum_{j=1}^{j=n} C_j e^{je^\xi}\int_0^{je^\xi} e^{-x} f(x)\,dx,$$

en démontrant que le premier terme du second membre (différent de zéro en vertu de la transcendance de e) est $> \frac{1}{\beta^{\nu}!}$ et que le second pour p con-

venable est $< \frac{1}{\beta^{\nu+\omega}!}$. On en tire que $\sum_{j=1}^{j=n} C_j e^{je^{\xi}} \lessgtr 0$, d'où suit l'impossibilité des équations

$$e^{e^{\xi}} = \eta = \text{nom. algéb.}, \qquad \log\log\eta = \xi,$$

c'est-à-dire la transcendance de $e^{e^{\xi}}$ en particulier des e^e et $\log\log\eta$.

En généralisant ces raisonnements conformément à notre seconde note, on établit aussi la transcendance de $e^{\zeta e^{\xi}}$ (ζ algébrique) et $\log\left(\frac{\log\eta}{\zeta}\right)$, en particulier pour $\eta = -1$, $\zeta = \frac{1}{2}$ la transcendance de $\log\pi$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'habillage et sur la déformation des surfaces.* Note de M. Jules Drach.

I. L'*habillage* des surfaces (Problème de Tchebychew) exige que leur élément linéaire soit mis sous la forme

$$dS^2 = d\alpha^2 + d\beta^2 + 2\cos\theta\, d\alpha\, d\beta,$$

où les coefficients de $d\alpha^2$ et $d\beta^2$ sont tous deux égaux à l'unité. Si l'on part d'un élément linéaire $dS^2 = 2\mathcal{F}\,du\,dv$, on trouve donc pour déterminer u, v en α, β les équations

$$(1) \qquad \frac{\partial u}{\partial\alpha}\frac{\partial v}{\partial\alpha} = \frac{\partial u}{\partial\beta}\frac{\partial v}{\partial\beta} = \frac{1}{2\mathcal{F}}$$

qui donnent aisément

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial\alpha\,\partial\beta} + \frac{1}{\mathcal{F}}\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial\alpha}\frac{\partial u}{\partial\beta} = 0, \qquad \ldots.$$

On remonte d'ailleurs des équations (2) à (1) en particularisant α et β.

A ma connaissance, le problème n'a été résolu complètement que pour les surfaces développables où $\mathcal{F} = 1$. On sait, en outre, que l'habillage de la sphère se ramène à sa déformation, les deux problèmes conduisant à l'équation

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial\alpha\,\partial\beta} = \sin\theta.$$

En observant que les équations (2) sont de forme analogue à celles qui déterminent les asymptotiques *virtuelles* d'un ds^2, je me suis proposé

de *rechercher tous les cas où l'habillage d'un* ds^2 *se ramène ainsi à la déformation d'une surface*.

Si la surface Σ possède l'élément linéaire

$$ds^2 = \mathrm{E}\,du^2 + 2\mathrm{F}\,du\,dv + \mathrm{G}\,dv^2,$$

les équations qui déterminent les variables u, v au moyen des paramètres α, β des asymptotiques *virtuelles*, c'est-à-dire des asymptotiques d'une déformée de Σ, sont, avec les notations classiques :

$$(3)\quad \left\{ \begin{aligned} &\frac{\partial^2 u}{\partial\alpha\,\partial\beta} + \left[\begin{Bmatrix} uu \\ u \end{Bmatrix} - \frac{\partial \log\rho}{\partial u}\right]\frac{\partial u}{\partial\alpha}\frac{\partial u}{\partial\beta} \\ &\qquad + \left[\begin{Bmatrix} uv \\ u \end{Bmatrix} - \frac{1}{2}\frac{\partial\log\rho}{\partial v}\right]\left(\frac{\partial u}{\partial\alpha}\frac{\partial v}{\partial\beta} + \frac{\partial u}{\partial\beta}\frac{\partial v}{\partial\alpha}\right) \\ &\qquad\qquad + \begin{Bmatrix} vv \\ u \end{Bmatrix}\frac{\partial v}{\partial\alpha}\frac{\partial v}{\partial\beta} = 0, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned} \right.$$

où la courbure totale du ds^2 est $\frac{-1}{\rho^2}$.

On peut les *identifier* à (2) en écrivant simplement

$$(4)\quad \begin{Bmatrix} uu \\ v \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} vv \\ u \end{Bmatrix} = 0, \qquad \begin{Bmatrix} uv \\ u \end{Bmatrix} = \frac{1}{2}\frac{\partial\log\rho}{\partial v}, \qquad \begin{Bmatrix} uv \\ v \end{Bmatrix} = \frac{1}{2}\frac{\partial\log\rho}{\partial u}.$$

L'intégration de ces équations (4), qui comporte la discussion d'une équation fonctionnelle, m'a conduit aux résultats suivants :

Si l'on pose $u - v = a$, $u + v = b$, le ds^2 *à déformer* s'écrit

$$(5)\quad ds^2 = \frac{1}{4}(g - f)(g\,db^2 - f\,da^2),$$

où g est une fonction de b satisfaisant à une équation

$$\left(\frac{dg}{db}\right)^2 = m_0 g^3 + m_1 g^2 + m_2 g - 1,$$

où les m sont des constantes arbitraires; f est *la même* fonction de a. Le $d\mathrm{S}^2$ *à habiller* est alors

$$(6)\quad d\mathrm{S}^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{g} - \frac{1}{f}\right)(db^2 - da^2).$$

Ce cas est le cas général; il comporte des dégénérescences : si $m_0 = 0$ les fonctions elliptiques sont remplacées par des fonctions circulaires ou des exponentielles; dans d'autres cas la dérivée troisième de f et de g est nulle.

II. Si au lieu des variables a, b on introduit les variables $\lambda = f$, $\mu = g$, l'élément linéaire de la surface à déformer s'écrit

$$ds^2 = \frac{(\mu - \lambda)}{4}\left[\frac{\mu\, d\mu^2}{(a-\mu)(b-\mu)(c-\mu)} - \frac{\lambda\, d\lambda^2}{(a-\lambda)(b-\lambda)(c-\lambda)}\right],$$

où a, b, c sont trois constantes qui remplacent m_0, m_1, m_2.

C'est l'élément linéaire de la quadrique à centre

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} + \frac{z^2}{c} = 1$$

rapportée à ses lignes de courbure. *La déformation de cette quadrique et l'habillage du* dS^2

$$dS^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)\left[\frac{d\mu^2}{(a-\mu)(b-\mu)(c-\mu)} - \frac{d\lambda^2}{(a-\lambda)(b-\lambda)(c-\lambda)}\right]$$

sont deux problèmes équivalents. Ce dernier dS^2 peut encore s'écrire plus simplement

$$dS^2 = \frac{1}{4}(v - u)\left[\frac{dv^2}{v(a_1 - v)(b_1 - v)(c_1 - v)} - \frac{du^2}{u(a_1 - u)(b_1 - u)(c_1 - u)}\right].$$

La déformation du paraboloïde général, dont l'élément linéaire s'écrit

$$ds^2 = \frac{(\lambda - \mu)}{4}\left[\frac{\lambda\, d\lambda^2}{(p+\lambda)(q+\lambda)} - \frac{\mu\, d\mu^2}{(p+\mu)(q+\mu)}\right]$$

et qui a pour équation $\frac{x^2}{p} + \frac{y^2}{q} = 2z$ conduit de même à l'habillage du dS^2

$$dS^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}\right)\left[\frac{d\lambda^2}{(p+\lambda)(q+\lambda)} - \frac{d\mu^2}{(p+\mu)(q+\mu)}\right].$$

Tous les progrès accomplis dans la déformation des quadriques (¹) correspondent donc à des habillages d'éléments linéaires. En particulier la transformation de Bäcklund et les extensions dues à M. Bianchi conduisent à des transformations d'habillage.

On sait donc aussi habiller complètement les dS^2 qui correspondent au paraboloïde de révolution et aux quadriques particulières qu'on sait déformer complètement.

Observons encore que les deux éléments linéaires ds^2 et dS^2 ont la forme de Liouville et *se correspondent géodésiquement.*

(¹) A l'exclusion de leur déformation réglée.

III. Pour dire un mot seulement du problème général de Tchebychew, j'observerai que le passage d'un élément habillé à un élément *infiniment voisin* conduit à l'étude du système linéaire

$$\frac{\partial\xi}{\partial\alpha} = \frac{\partial\eta}{\partial\alpha} F(\alpha, \beta); \qquad \frac{\partial\xi}{\partial\beta} = \frac{\partial\eta}{\partial\beta} \frac{1}{F}$$

dont on peut étudier la réduction par la méthode de Laplace.

Le premier cas donne précisément l'habillage des développables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de l'intégrale générale d'un système différentiel d'ordre* $2n$ *autour de ses singularités transcendantes.* Note de M. **René Garnier.**

Dans une Note précédente (¹) j'ai donné une forme nouvelle aux systèmes d'ordre $2n$ que j'ai introduits dans ma Thèse, et j'ai commencé l'étude des intégrales générales des systèmes précédents G_n autour de leurs singularités transcendantes; aujourd'hui je voudrais terminer l'exposé des principaux résultats que j'ai obtenus dans cette voie.

1. Les caractéristiques de première espèce dont j'ai indiqué la construction dans le « cas général » représentent une même intégrale à l'intérieur d'un secteur du plan $T \equiv \text{Log}(t_i : t_i^0)$; supposons que les conditions initiales ne rentrent plus dans ce cas, et bornons-nous ici au cas où tous les polynomes $P_k(z_k)$ ont une racine double; on posera $z_k = d_k D^{-1} t_i^{-1} + \zeta_k$ et le système s'écrira (avec $d\tau = z_i\, dt_i$) :

$$\frac{d^2\zeta_k}{d\tau^2} - D^2\zeta_k = \Omega_k\left(\frac{d\zeta_g}{d\tau};\ \zeta_g;\ t_i z_i,\ t_i\right),$$

les Ω_k étant holomorphes pour $|t_i z_i - h|$ et les autres arguments assez petits ($h = 1 - \Sigma^{i,n+1} d_k D^{-1}$). Or ce système peut être intégré par la méthode des approximations successives de M. Picard à la manière d'un système linéaire; la convergence est régulière à l'intérieur d'un secteur Σ du plan T dont les frontières sont analogues à celles d'un secteur *exceptionnel* de l'équation (VI); T tendant vers ∞ dans Σ, les ζ_k tendent vers 0

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1674. Je rappellerai seulement que la variable indépendante est désignée par t_i, les fonctions inconnues, par z_k; elles sont méromorphes en t_i, sauf pour $t_i = t_j$.

et $t_i z_i$ vers h. Ces intégrales dépendent de n constantes arbitraires; parmi elles figurent en général 2^n *intégrales holomorphes* pour $t_i = 0$.

Si les P_k sont tous identiquement nuls, les caractéristiques sont dites du type exceptionnel et de la deuxième sorte; elles sont holomorphes en $t_i = 0$, où les z_k prennent n valeurs arbitraires.

A côté des caractéristiques de première espèce pour lesquelles il y a un exposant $\omega\,(0 \leqq \omega < 1)$ tel que $|t_i^{\omega-1} : z_i|$ soit borné dans le voisinage de zéro, il existe des *caractéristiques de deuxième espèce* pour lesquelles on peut trouver un exposant $\omega\,(0 \leqq \omega < 1)$ tel que $|t_i^{\omega} z_i|$ soit borné; en général ces conditions ne sont pas incompatibles, de sorte que *sur un même rayon du plan* T *une intégrale peut être représentée par des caractéristiques de deux espèces différentes*, fait important que l'on utilisera plus loin. Relativement à la construction des caractéristiques de deuxième espèce je me bornerai à l'indication suivante. On pose

$$\left(t_i \frac{\partial z_{n+1}}{\partial t_i}\right)^2 = 2 S z_i z_{n+1} + d_i^2 z_{n+1}^2 + d_{n+1}^2 z_i^2 + D^2 t_i^2 z_i^2 z_{n+1}^2 \equiv \Delta^2,$$

$$\frac{\partial z_k}{\partial t_i} = z_i T_k - \frac{z_k \Delta}{(t_k - t_i)(z_i + z_{n+1})} \qquad (\Delta^2 - D^2 t_i^2 z_i^2 z_{n+1}^2 \equiv P_{n+1}).$$

Moyennant des conditions que je ne puis formuler ici, on montre que les z_k, T_k, z_{n+1} et S satisfont à un système qu'on intègre régulièrement par approximations successives, connaissant les valeurs des z_k, z_{n+1} pour $t_i = t_i^0$ et celles des T_k et de S pour $t_i = 0$. Si, pour $S = S_0$, P_{n+1} possède une racine double (ou est $\equiv 0$), les caractéristiques seront exceptionnelles de la première (ou de la deuxième) sorte; les premières contiennent une famille ∞^{2n-2} d'intégrales holomorphes en $t_i = 0$; les secondes sont ∞^{2n-1} et holomorphes en $t_i = 0$.

2. Je ne saurais mentionner ici toutes les circonstances possibles, ni résumer la discussion qui est longue et ardue. Cette discussion une fois achevée, on a obtenu *des* développements qui représentent l'intégrale de G_n à l'intérieur de secteurs du domaine $\mathfrak{R}\left[\frac{\pi}{2} + \eta < \arg.T < \frac{3\pi}{2} - \eta\right]$; mais un nouveau problème se pose alors :

Étant donnés une intégrale QUELCONQUE *de* G_n *et un rayon de* $\mathfrak{R}$, *existe-t-il une caractéristique qui représente l'intégrale sur ce rayon?* La réponse est affirmative : Soit $\mathfrak{L}$ un chemin de longueur finie du plan t_i, convergeant vers $t_i = 0$, et dont le transformé dans le plan T appartient à $\mathfrak{R}$; admettons que sur $\mathfrak{L}$ $t_i^{\frac{1}{2}} z_i \equiv x$ et son inverse ne soient pas bornés; t_i décrivant certains

arcs σ_j^1 de $\mathfrak{L}$, x décrira des arcs s_j^1 intérieurs à un cercle γ de centre o, de rayon 1, et sur les arcs complémentaires σ_j^2, x sera extérieur à γ. Prenons x comme variable indépendante et faisons-lui décrire le plus petit des arcs de γ ayant mêmes extrémités que s_j^1; t_i décrira un arc $\overline{\sigma}_j^1$ et la suite des arcs $\overline{\sigma}_j^1$, σ_j^2 formera un chemin $\mathfrak{L}'$ *de longueur finie* où l'on a $|x| \geqq 1$. (Pour le montrer on compare les longueurs de σ_j^1 et $\overline{\sigma}_j^1$, grâce à des relations que vérifie l'intégrale à l'intérieur de γ et que l'on obtient par la méthode des approximations successives, appliquée à une nouvelle forme de G_n; parmi les fonctions inconnues, il peut s'en trouver de très grandes en module, mais ceci ne modifie pas la conclusion.) Cela fait, l'emploi d'un *système dominant* choisi le long de $\mathfrak{L}'$ montre que les fonctions R_k de la Note précédente restent nécessairement bornées quand t_i tend vers o sur $\mathfrak{L}'$, et l'on en déduit que sur $\mathfrak{L}'$ l'intégrale peut être représentée par un développement de la première espèce. Le cas exceptionnel nécessite une discussion spéciale dans laquelle on applique le lemme sur les fonctions positives d'une variable réelle que j'ai donné à propos de l'équation (VI).

3. Ce point fondamental établi, on est sûr de pouvoir étudier une intégrale quelconque de G_n à l'aide de caractéristiques des deux espèces. Je donnerai seulement un aperçu de mes résultats, en me plaçant d'ailleurs dans le cas général. La région R peut être décomposée de deux façons en *deux séries de secteurs* adjacents, *les deux séries chevauchant l'une sur l'autre;* dans chaque secteur de la 1^re^ (2^e^) série, l'intégrale est représentée par des caractéristiques de 1^re^ (2^e^) espèce. Bornons-nous à l'étude des z_k : ce sont des fonctions méromorphes, qui, *dans chaque secteur de 2^e^ espèce admettent une valeur asymptotique* (*variable avec le secteur*); et sur les parallèles à une frontière du secteur l'équation $z_k = a$ *a une double infinité de racines*, qui tendent à se succéder périodiquement — à l'exclusion, pour a, de *deux valeurs exceptionnelles*, qui sont les deux valeurs asymptotiques adjacentes à la frontière. On peut ainsi vérifier à ce propos des théorèmes obtenus par M. Montel et d'autres auteurs.

En définitive, *on vient d'établir une théorie qui s'applique à toute une classe de systèmes différentiels* G_n, d'ordres arbitrairement élevés, et *dont le degré de généralité est le même que celui des équations linéaires régulières du second ordre, à coefficients rationnels;* les intégrales de ces systèmes sont méromorphes, sauf en certains points fixes dont le mécanisme des singularités — indépendant de l'ordre différentiel — est désormais connu.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de calcul des variations.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

M. Razmadzé, à la séance de la Société mathématique du 22 octobre, a attiré l'attention sur l'intérêt que peuvent présenter des extrémales discontinues; il considère une fonction $y(x)$ représentant une extrémale de a à c, et une autre de c à b, et obtient moyennant certaines conditions pour l'intégrale

$$I = \int_a^b f(x, y, z)\, dx$$

dont on cherche le minimum des valeurs inférieures à celles que donnerait une extrémale continue dans tout l'intervalle d'intégration. Moyennant certaines conditions, qu'il n'a pas précisées au cours de sa courte communication, il obtient pour des fonctions régulières des valeurs voisines de celles qu'il a réalisées d'abord avec une fonction discontinue. Le minimum de l'intégrale I n'est donc pas réalisé par une extrémale continue.

L'objet de cette Note est de montrer qu'on peut étendre beaucoup les résultats de M. Razmadzé en considérant des solutions ayant un nombre quelconque de discontinuités. Nous supposerons seulement la fonction f continue, et telle que, pour tout x de l'intervalle considéré et pour n'importe quel système de valeurs de y et y', on ait

$$g(x) \leqq f(x, y, y') \leqq G(x),$$

les fonctions g et G étant bornées et présentant des valeurs extrêmes effectivement atteintes. Nous désignerons par $u(x)$ et $v(x)$ les valeurs de y et y' qui donnent à $f(x, y, y')$ la valeur $g(x)$ (ou un des systèmes possibles s'il y en a plusieurs), et par M le maximum de $G(x) - g(x)$ dans l'intervalle (a, b).

On a évidemment

$$I \geqq J = \int_a^b g(x)\, dx,$$

cette limite inférieure pouvant être effectivement réalisée si (pour un des systèmes de déterminations possibles de u et de v) v est la dérivée de u, u ayant les valeurs voulues aux deux extrémités. Autrement, elle ne peut pas être atteinte. Je dis, dans ce cas, qu'on peut donner à I des valeurs aussi voisines de J que l'on veut, même si l'on impose à y de prendre des valeurs

données aux deux extrémités et d'être continu ainsi que ses dérivées jusqu'à tel ordre p que l'on veut.

Formons d'abord une solution discontinue. Quelque petit que soit ε, nous pouvons diviser l'intervalle (a, b) en intervalles tels que, dans chacun d'eux, on puisse déterminer y continu et vérifiant les conditions

$$y' = v, \qquad f(x, y, y') < f(x, u, v) + \varepsilon = g(x) + \varepsilon.$$

Alors l'intégrale I est inférieure à $J + \varepsilon(b - a)$.

Rétablissons maintenant la continuité, ainsi que celle des dérivées jusqu'à l'ordre p, et donnons à y les valeurs voulues aux deux extrémités, par des raccords dont on peut supposer qu'ils modifient y dans des intervalles de longueur totale inférieure à un nombre ε' arbitrairement petit. La variation qui en résulte pour I ne peut pas atteindre $\varepsilon' M$, et l'on a

$$I < J + \varepsilon(b - a) + \varepsilon' M.$$

J est donc pour I une limite inférieure dont on peut s'approcher autant qu'on veut [1]; on obtient de même pour limite supérieure

$$\int_a^b G(x)\, dx.$$

On voit donc que, à cela près que ces limites ne peuvent être réalisées exactement, sous la condition essentielle que $f(x, y, y')$ reste compris entre deux fonctions bornées $g(x)$ et $G(x)$, on peut dans l'étude des valeurs possibles pour l'intégrale I, faire abstraction du fait que y' soit la dérivée de y.

---

[1] On voit même aisément que ce résultat reste exact si $f(x, y, y')$ n'admettant pas de limite supérieure indépendante de x, y et y', est tel que $\dfrac{f(x, y, y')}{\sqrt{1 + y'^2}}$ en admette une, et tende vers zéro pour y' infini. On peut même élargir encore cette hypothèse en observant que, sauf aux limites, les valeurs de y voisines de u et celles de y' telles que $y' - v$ soit du signe de $u' - v$, interviennent seules.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème du calcul des probabilités (problème de Simmons).* Note de M. **Ragnard Frisch**, présentée par M. Hadamard.

Laplace, dans sa classique Théorie analytique des Probabilités, a étudié la dissymétrie du développement

$$(1)\qquad (q+q)^s = T_0 + T_1 + \ldots + T_s, \quad T_\nu = \binom{s}{\nu} p^\nu q^{s-\nu}, \quad (q+p)=1$$

(s un nombre entier et positif, p et q des quantités positives), la dyssymétrie étant prise dans le sens que deux termes se trouvant à distances égales du terme maximal sont inégaux.

M. Simmons [1] a étudié la dyssymétrie du développement (1) prise dans le sens que la somme des termes dont l'indice est inférieur à sp n'est pas égale à la somme des termes dont l'indice est supérieur à sp; sp représente comme on le sait l'espérance mathématique du nombre d'arrivées d'un certain événement dans s épreuves répétées, p étant la probabilité de réalisation de l'événement dans chaque épreuve. En particulier, si sp est un nombre entier, sp vient coïncider avec l'indice du terme maximal.

Le calcul direct du développement (1) pour des valeurs particulières de s et p suggère le théorème que voici :

Soit p la probabilité pour l'arrivée d'un certain événement. On fait une série de s épreuves uniformes. Si $p < \frac{1}{2}$ et sp est un nombre entier, alors il est plus probable que l'événement arrive moins de sp fois, que plus de sp fois.

L'excès de la probabilité pour une série ayant montré moins de sp arrivées de l'événement sur la probabilité pour une série ayant montré plus de sp arrivées de l'événement est d'autant plus grand que p est plus petit (s supposé constant).

---

(1) *Proceedings of the London Mathematical Society*, vol. 26, 1895, p. 290-323. M. Fisher, critiquant (*Mathematical Theory of Probabilities*, p. 277 et suiv.) la manière dont M. Keynes (*A Treatise on Probability*) a exposé le théorème de M. Simmons, ne paraît pas s'être rendu compte du fait que M. Simmons s'est placé à un point de vue différent de celui adopté par Laplace.

M. Simmons n'a pas réussi à démontrer ce théorème dans sa généralité [1].

Je me permets d'en donner la démonstration complète par une méthode entièrement différente de celle employée par M. Simmons.

Supposons que sp est un nombre entier et considérons la fonction

$$V(p) = 2\sum_{\nu=m}^{s} T_\nu - T_m \qquad (m = sp).$$

La différence $\sum_{\nu=0}^{m-1} T_\nu - \sum_{\nu=m+1}^{s} T_\nu$ est évidemment égale à $1 - V(p)$. Remarquant que $V\left(\frac{1}{2}\right) = 1$ dans le cas où s est un nombre pair, nous voyons que le problème revient à démontrer les inégalités

$$V\left(\frac{1}{s}\right) < V\left(\frac{2}{s}\right) < \ldots < \begin{cases} V\left(\frac{s}{2s}\right)[=1] & (s \text{ pair}), \\ V\left(\frac{s-1}{2s}\right) < 1 & (s \text{ impair}). \end{cases}$$

Considérons la fonction

$$W_k(p) = 2\sum_{\nu=k}^{s} T_\nu - T_k,$$

k étant un paramètre *ne dépendant pas de p*.

Posant $T_\nu(p) = \binom{s}{\nu} p^\nu q^{s-\nu}$, $p_0 = \frac{k}{s}$, $p_1 = \frac{k-1}{s}$, nous avons, k étant un quelconque des nombres entiers,

$$2, 3, \ldots \begin{cases} \frac{s}{2} & (s \text{ pair}), \\ \frac{s-1}{2} & (s \text{ impair}); \end{cases}$$

$$\begin{aligned} V\left(\frac{k}{s}\right) - V\left(\frac{k-1}{s}\right) &= W_k(p_0) - W_k(p_1) - [J_k(p_1) + J_{k-1}(p_1) \\ &= \int_{p_1}^{p_0} W'_k(p)\,dp - [J_k(p_1) + J_{k-1}(p_1)]. \end{aligned}$$

---

[1] Voir par exemple l'article de M. Guildberg : *Un théorème du Calcul des Probabilités* (*Nouvelles Annales de Mathématiques*, avril 1923, t. 1, p. 251). L'énoncé de M. Simmons (que l'on trouve reproduit dans l'article de M. Guildberg) n'est pas tout à fait conforme à celui donné ici. En particulier M. Simmons n'a pas envisagé la dernière partie du théorème, à savoir l'effet d'une variation de p.

Par une transformation de l'expression sous le signe Σ en tenant compte de la relation $q+p=1$, on démontrera la formule

$$\sum_{\nu=g}^{s} (\nu - sp)_{\nu} T_{\nu} = gqT_g,$$

g étant *un quelconque* des nombres entiers 1, 2, ..., s.

A l'aide de cette formule, nous trouvons après quelques réductions

$$(2)\quad V\left(\frac{k}{s}\right) - V\left(\frac{k-1}{s}\right) = 2\binom{s-1}{k-1}\left[\frac{\int_{p_1}^{p_0} R(p)\,dp}{p_0 - p_1} - \frac{R(p_0)+R(p_1)}{2}\right],$$

où

$$R(p) = p^{k-1}q^{s-k},$$

$R(p)$ est un polynome entier en p dont la dérivée seconde

$$\begin{aligned} R''(p) &= p^{k-3}q^{s-k-2}[(k-1)(k-2) - 2(k-1)(s-2)p + (s-1)(s-2)p^2] \\ &= p^{k-3}q^{s-k-2}r(p) \end{aligned}$$

est négative dans l'intervalle (p_1, p_0) puisque la conique $r = r(p)$ reste dans le demi-plan des r négatifs quand p varie de $p = p_1$ à $p = p_0$, ce que l'on reconnaît en remarquant que $r''(p) = 2(s-1)(s-2)$ est positive dans l'intervalle considéré en même temps que $r(p_1) = -p_1[(s-k-1) = 2q_1]$ et $r(p_0 = -q_0[(k-2) + 2p_0]$ sont négatifs. Le second membre de (2) est donc positif.

D'autre part, on vérifie la relation $V\left(\frac{s-1}{2s}\right) < 1$ (s impair) par une méthode analogue en considérant la fonction

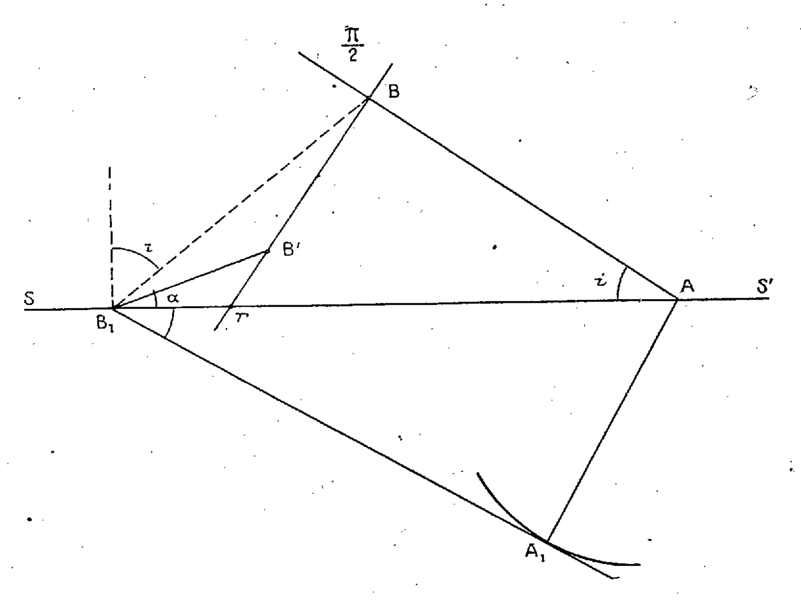
$$U(p) = 2\sum_{\nu=\frac{s+1}{2}}^{s} T_{\nu}.$$

Le théorème est donc établi dans sa généralité.

OPTIQUE. — *L'entraînement de l'éther et l'aberration des étoiles.* Note (¹) de M. E. **Brylinski**, présentée par M. Daniel Berthelot.

I. Nous avons eu l'occasion de signaler antérieurement (²) qu'il semblerait naturel d'admettre que l'éther situé dans le voisinage de la Terre fût entraîné, totalement ou partiellement, par la Terre dans son déplacement. Il nous a été objecté qu'un semblable entraînement serait incompatible avec l'aberration des étoiles, telle que l'observation la révèle. Cette objection ne nous paraît pas fondée.

II. Supposons d'abord que la Terre soit entourée d'une bulle d'éther concentrique qu'elle entraîne dans son mouvement, cette bulle étant séparée de l'éther immobile existant au delà par une surface de discontinuité.



Soient SS' la trace de cette surface de séparation, AB celle d'une onde plane incidente faisant l'angle i avec cette surface et α l'angle de la direction du mouvement de translation de la Terre avec la surface de discontinuité. Prenons des axes liés à la Terre (dont nous négligerons la rotation),

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 153, et *Revue générale de l'Électricité*, t. 11, 11 mars 1922, p. 345-348.

le point B de l'onde arrivera sur SS′ en B_1 au bout d'un temps t tel que

$$BB' = ct, \qquad B_1B' = vt = \beta ct.$$

De B_1 nous menons la tangente B_1A_1 au cercle de rayon ct et de centre A, faisant l'angle x avec SS′. B_1A_1 sera la trace de l'onde dans la partie entraînée de l'éther (qui est en repos par rapport aux axes choisis).

Dans le triangle $BB'B_1$, nous avons

$$\frac{BB_1}{\cos(\alpha + i)} = \frac{\beta ct}{\sin(i' - i)} = \frac{ct}{\cos(\alpha + i')}.$$

D'autre part, dans le triangle ABB_1,

$$\frac{AB_1}{\cos(i' - i)} = \frac{BB_1}{\sin i},$$

et enfin

$$AA_1 = ct = AB_1 \sin r.$$

D'où l'on tire

$$\sin r = \frac{\cos(\alpha + i')}{\cos(\alpha + i)} \frac{\sin i}{\cos(i' - i)} = \frac{\sin i' - \beta \cos i' \cos(\alpha + i')}{1 + \beta \sin(\alpha + i')} = \sin i' - \beta \cos\alpha,$$

en nous bornant au premier ordre d'approximation.

La déviation Δ' du rayon lumineux sera égale à $i' - r$, d'où

$$2 \sin\frac{\Delta'}{2} \cos\left(i' + \frac{\Delta'}{2}\right) = \beta \cos\alpha,$$

et, finalement, à l'approximation admise,

$$\Delta' = \beta \frac{\cos\alpha}{\cos i'} = \beta \frac{\cos\alpha}{\cos i}.$$

On obtiendrait le même résultat en faisant le calcul au moyen d'axes immobiles dans l'éther non entraîné.

III. Dans la théorie ordinaire, où l'éther est supposé absolument immobile, la déviation a pour valeur

$$\Delta = \beta \cos(\alpha + i),$$

alors Δ' peut se mettre sous la forme

$$\Delta' = \beta [\cos(\alpha + i) + \operatorname{tang} i \sin(\alpha + i)].$$

L'écart entre les deux valeurs est égal à

$$\Delta' - \Delta + \beta \operatorname{tang} i \sin(\alpha + i).$$

Si l'on tient compte du fait que l'observateur ne peut voir que les étoiles situées au-dessus de son horizon et que l'on désigne par h et R l'épaisseur de la bulle d'éther entraînée et le rayon terrestre, on voit aisément que

$$\sin i \leqq \frac{R}{R+h},$$

la limite réelle étant encore inférieure à cette valeur, car l'observation des étoiles basses sur l'horizon est difficile.

Il semble naturel d'admettre que l'épaisseur de la bulle d'éther soit grande par rapport au rayon terrestre; si h est de l'ordre d'au moins $100R$, la valeur de $\Delta' - \Delta$ restera inférieure à $10^{-2}\beta$ et sera inappréciable.

IV. On peut répugner à l'idée de la bulle d'éther entraînée en bloc et supposer que l'éther est entraîné progressivement, avec des vitesses décroissant jusqu'à zéro à mesure que l'on s'éloigne suffisamment, et, dans ce cas surtout, il semble naturel d'envisager que la couche où la vitesse de l'éther arrive à s'annuler soit extrêmement éloignée de la Terre.

Entre deux couches infiniment voisines, on aura encore

$$d\Delta' = \frac{\cos\alpha}{c\cos i}\,dv.$$

Or i n'a que des variations du premier ordre, donc $\cos i$ peut être considéré comme constant pour l'intégration et l'on retrouve, en se bornant au premier ordre d'approximation, la formule précédente

$$\Delta' = \beta\frac{\cos\alpha}{\cos i}.$$

V. Il résulte de là que l'aberration des étoiles, tant du moins qu'on n'aura pas réussi à augmenter notablement la précision des observations pour des étoiles peu élevées sur l'horizon, ne permet pas de trancher la question de l'entraînement ou du non-entraînement de l'éther par la Terre, si l'on admet, ainsi que cela paraît probable, qu'en cas d'entraînement, cet entraînement s'étend à grande distance de la Terre.

ÉLECTRICITÉ. — *Le courant électrique considéré comme circulation de charges égales et de signes contraires.* Note de M. **F. Guéry**, présentée par M. Paul Janet.

I. Bien avant Lorentz, on avait pensé à attribuer le courant à une circulation de charges électriques.

Gauss et Weber, en particulier, avaient cherché à interpréter l'action entre éléments de courant indiquée par Ampère par une modification, due au mouvement relatif, du champ électrique de charges de signes contraires circulant dans les conducteurs. Dans ces conditions, il n'est pas nécessaire d'admettre l'existence d'un champ magnétique de la charge en mouvement.

Maxwell a montré que deux hypothèses seulement peuvent être faites sur les valeurs respectives des charges positives et négatives qui constituent le courant : ou bien les valeurs absolues de ces charges sont en raison inverse des carrés de leurs vitesses, ou bien elles sont égales. Nous retiendrons seulement cette dernière hypothèse, la plus vraisemblable dans l'état actuel de nos connaissances sur les charges électriques en général.

II. Les théories de Gauss et de Weber ne sont équivalentes que dans le cas du mouvement rectiligne et uniforme.

Quand le mouvement est quelconque, les expressions de la force entre charges diffèrent dans les deux théories d'une quantité proportionnelle à la composante suivant la ligne des charges de leur accélération relative.

L'expression de la force de Weber est préférée à celle de Gauss parce qu'elle dérive d'une énergie mutuelle entre charges fonction du carré de leur vitesse de rapprochement.

III. On peut ne pas admettre l'hypothèse restrictive d'Ampère adoptée par Gauss et Weber, sur la direction de la force.

En général, la modification du champ électrique due au mouvement sera telle que ce champ dépendra de la direction considérée par rapport à celle du mouvement et n'aura plus, par suite, le caractère d'un champ newtonien. L'application du principe de la conservation de l'énergie conduira donc à une expression de l'énergie réciproque de deux charges qui pourra dépendre non seulement de la grandeur de ces charges, de leur distance, de leur vitesse relative, mais aussi de la nature de la trajectoire.

On peut admettre, avec grande vraisemblance, que la fonction Q du paragraphe I de notre Note précédente [1] est inversement proportionnelle à R, et poser $\frac{dQ}{dR} = -\frac{K}{R^2}$. Dans le cas du mouvement rectiligne et uniforme, l'énergie relative W de deux charges e, e' ayant pour expression

$$W = \frac{ee'}{R}\left[1 + \frac{av^2}{V^2} + \frac{bv^2}{V^2}\sin^2\alpha\right], \tag{1}$$

les composantes H_R et H_T de la force suivant R et suivant la normale à R

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 895.

sont :

$$H_R = -\frac{ee'}{R^2}\left[1 + \frac{a v^2}{V^2} + (3b + c)\frac{v^2}{V^2}\sin^2\alpha\right],$$

$$H_T = -C\frac{ee'}{R^2}\frac{v^2}{V^2}\sin\alpha\cos\alpha,$$

et l'on vérifie, en appliquant ces valeurs des composantes du champ aux charges en mouvement dans deux éléments de courant, que les relations du paragraphe I de notre Note précédente sont satisfaites, à la condition que l'on ait

$$C = K, \qquad a = -\frac{1}{2}, \qquad b = \frac{1}{2} - \frac{K}{6}.$$

IV. On vérifie que pour que les relations précédentes soient compatibles avec la théorie électromagnétique de Maxwell, il faut que l'on ait $b = \frac{1}{2}$, ce qui exige $K = 0$, d'après les relations ci-dessus, c'est-à-dire que la force entre éléments de courant doit être dirigée suivant la ligne qui les joint, hypothèse d'Ampère, de Gauss et de Weber. On vérifie également que, dans ce dernier cas, la fonction W se transmet dans l'espace avec la vitesse V.

V. Poincaré a montré (Électricité et Optique) que cette théorie de Weber satisfait à la loi de l'induction et conduit pour l'énergie relative de deux circuits fermés à la loi de Neumann, conforme à l'électrodynamique classique.

Toutefois la démonstration de Poincaré, relative à l'induction, suppose égales et de signes contraires les vitesses des charges dans chacun des courants. Si l'on repousse cette hypothèse restrictive, la loi de l'induction n'est satisfaite qu'approximativement par la théorie de Weber, les termes négligés pouvant représenter un effet du champ magnétique sur la résistance des conducteurs.

On peut, en outre, remarquer que ce n'est que dans le cas d'un mouvement rectiligne et uniforme que l'énergie relative de deux charges satisfait à la relation de Poisson équivalente à une transmission à vitesse V.

VI. L'énergie mutuelle de deux charges paraît, d'après ce qui précède, être l'élément essentiel de la théorie de Weber.

La théorie de la relativité restreinte doit s'appliquer au cas de deux charges en mouvement relatif rectiligne et uniforme.

L'une des charges e étant prise pour objet de référence, l'énergie relative des deux charges peut être considérée comme accompagnant l'autre e'. Dans le système de e' les phénomènes sont, pour un ellipsoïde aplati suivant

le facteur de Lorentz, ce qu'ils seraient au repos pour la sphère concentrique à cet ellipsoïde. Dans l'expression de l'énergie relative au repos $\frac{e'}{R}$, on doit donc substituer à R la distance :

$$R' = R \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}\sin^2\alpha}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}}.$$

On obtient ainsi une expression de W dont l'expression (1) est une approximation.

VII. L'application de l'hypothèse de la contraction de Lorentz permet de résoudre une difficulté à laquelle on est conduit si l'on veut appliquer la théorie de Weber au mouvement d'un électron dans des champs magnétique et électrique.

VIII. En résumé, la théorie de Weber est la seule à l'heure actuelle qui s'accorde avec celle de Maxwell et avec l'hypothèse du courant dû à des charges en mouvement dans les conducteurs. Elle paraît également d'accord avec la théorie de la relativité restreinte dans le cas du mouvement rectiligne et uniforme.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la dynamique du quantum de lumière et les interférences.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans mes travaux antérieurs sur la théorie des quanta, j'ai cherché à montrer comment les énigmes soulevées par cette théorie pouvaient obtenir une interprétation raisonnable par une conception nouvelle des rapports de la Dynamique et de la théorie des Ondes; mais dans ces travaux, je n'étais pas parvenu à une explication vraiment satisfaisante des phénomènes de l'optique ondulatoire qui, en principe, se ramènent tous aux interférences. Je m'étais borné à invoquer une certaine liaison entre l'état d'interférence des ondes et la probabilité d'absorption des atomes lumineux par la matière. Cette manière de voir me paraît maintenant un peu factice et je tends à en adopter une autre plus en harmonie avec les grandes lignes mêmes de ma théorie.

L'essentiel de mes idées consiste en effet à associer au déplacement de tout point matériel la propagation d'une onde dont le tenseur caractéris-

tique en chaque point et pour chaque direction de l'espace-temps est proportionnel à la valeur correspondante du tenseur énergie-quantité de mouvement du mobile. En variant légèrement la fréquence de cette onde, on définit un groupe d'ondes et la vitesse du mobile en chaque point de sa trajectoire est égale à la vitesse de groupe de ces ondes. Cette propriété, conséquence directe des équations d'Hamilton, permet de considérer le point matériel comme une singularité du groupe d'ondes dont le déplacement est régi par le principe d'Hamilton-Fermat.

Ces conceptions sont valables quand les ondes se propagent librement, mais qu'arrive-t-il si un obstacle vient troubler leur progression comme dans les phénomènes d'interférences ou de diffraction, ou bien, si en passant sur un corps matériel (électron ou atome) elles provoquent l'émission d'ondes secondaires venant se superposer aux ondes primaires? Dans tous les cas, les théories ondulatoires nous apprennent à déterminer la vitesse et la trajectoire des points de concordance de phase; il est tout naturel d'admettre que le mobile coïncide toujours avec l'un de ces points comme dans le cas de la propagation libre. Comme je l'avais fait pressentir dans des Notes antérieures, on obtient ainsi une dynamique nouvelle qui est à l'ancienne ce que l'optique ondulatoire est à l'optique géométrique.

Les rayons prévus par les théories ondulatoires seraient donc dans tous cas les trajectoires possibles du quantum. Dans les phénomènes d'interférences les rayons se concentrent dans les régions dites « franges brillantes » et se raréfient dans les régions dites « franges obscures ». Dans ma première explication des interférences, les franges obscures étaient obscures parce que l'action des grains de lumière sur la matière y était nulle; dans mon explication actuelle, ces franges sont noires parce que le nombre des quanta les traversant est faible ou nul.

Citons un exemple précis. Dans l'expérience des trous d'Young, les surfaces équiphases sont des ellipsoïdes homofocaux. Les rayons, qui leur sont normaux, sont concentrés dans les hyperboloïdes homofocaux sur lesquels les perturbations issues des deux trous ont même phase. Soient r_1 et r_2 les distances d'un point de l'espace aux deux trous et ψ la fonction $\frac{r_1+r_2}{2}$ constante sur chaque surface d'égale phase. On montre aisément que la vitesse de phase des ondes le long du rayon est égale à la valeur qu'elle aurait dans le cas de la propagation libre divisée par la dérivée de ψ prise le long du rayon; quant à la vitesse du quantum elle serait égale à la vitesse du mouvement libre multipliée par la même dérivée. On peut dire

que les interférences introduisent des termes supplémentaires dans l'énergie et la quantité de mouvement, à moins qu'on ne préfère parler d'une modification de la masse propre de l'atome de lumière.

L'application de cette méthode doit permettre l'étude de la diffusion et de la dispersion, bien qu'il y ait lieu alors de faire intervenir les réactions des ondes lumineuses sur la matière, réaction dont l'électromagnétisme dans son état actuel ne semble pas donner une représentation exacte. Enfin, en tenant compte des interférences entre les ondes de même fréquence, on pourra consolider les bases de ma démonstration de la loi de Planck et par suite interpréter les fluctuations d'énergie dans le rayonnement noir. Mais toute la théorie ne deviendra vraiment claire que si l'on parvient à définir la structure de l'onde lumineuse et la nature de la singularité constituée par le quantum dont le mouvement devrait pouvoir être prévu en se plaçant *uniquement* au point de vue ondulatoire.

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Conditions du maximum de solubilité; cas du gypse.* Note [1] de M. ALB. COLSON.

Dans l'expression $UP = RT$ des lois de Mariotte et Gay-Lussac rapportées aux molécules gazeuses, Van't Hoff admet avec raison que la concentration C est l'inverse du volume U. Alors la pression osmotique p assimilée à P a pour valeur $p = RTC$, et la dérivée $\frac{dp}{dT} = R\left[C + T\frac{dC}{dT}\right]$ montre l'impossibilité absolue d'un maximum simultané de p et de C dont les dérivées ne s'annulent pas simultanément.

Quand le passage d'un solide à l'état dissous se fait d'une manière reversible, l'égalité de Clapeyron relie la chaleur de saturation L à la pression osmotique p, assimilée à la tension maxima d'une valeur saturée, de sorte qu'au maximum de la pression osmotique L est nul. Au contraire, pour rattacher la concentration ou solubilité au volume final U saturé à T par une molécule dissoute dont le volume u est négligeable par rapport à U, il suffit d'introduire dans l'égalité de Clapeyron la différentielle de p indiquée ci-dessus avec la condition $U \times C = 1$. Il vient

$$(1)\quad L = ARTU\left[C + T\frac{dC}{dT}\right] = ART\left[1 + \frac{T}{C}\frac{dC}{dT}\right] \quad \text{ou} \quad L - 2T = 2\frac{T^2}{C}\frac{dC}{dT}.$$

---

(1) Séance du 20 octobre 1924.

L'expression L — 2T qui règle la concentration avait été envisagée par Van't Hoff dès 1886 comme une *chaleur latente interne*. Comme on ne peut l'observer directement au calorimètre, il l'identifia aux données thermochimiques, parce que *aucun travail extérieur ne se produit dans la dissolution simple*, afin d'éprouver la formule (1) sur des corps peu solubles et non ionisés. Enfin il fut conduit à remplacer l'expression L — 2T par une chaleur d'équilibre ρ définie par la dissolution isotherme d'une molécule dans sa solution presque saturée. Or cette définition de ρ, nécessitant que *p* augmente avec C ([1]), est en contradiction avec la constatation ci-dessus que la dérivée de *p* reste positive quand celle de C s'annule. Cependant ce parallélisme de *p* et de C semble constituer la condition indiscutable du déplacement de l'équilibre, indépendamment des auteurs. Ainsi l'existence d'un maximum de solubilité dans les butyrates serait lié à cette conclusion que « dans tous les cas observés, L et ρ se trouvent de même signe »; et les mesures calorimétriques de Berthelot sur la chaleur de dissolution du gypse exigeraient que « dans l'eau pure, cette chaleur s'annulât exactement à la température du maximum de solubilité observé par Marignac » ([2]). Autrement dit, les maximums de solubilité et de pression osmotique se confondraient, alors que la dérivée de *p*, ci-dessus exprimée, implique l'impossibilité de ce résultat. Reprenons l'étude du gypse.

Cas du gypse. — Le gypse possède un maximum de solubilité fixé par Marignac à 35°, soit T = 308°. Correspondant à peine à une variation de $\frac{1}{100}$ de degré, lente à s'établir, la chaleur de saturation de ce sel n'est pas appréciable entre 0° et 35°, dans l'eau pure; mais en profitant de l'observation de Marignac que le gypse séché vers 140° donne des solutions sursaturées, j'ai préparé et filtré des solutions de ce genre qui se troublent au bout d'un quart d'heure. Placées dans un calorimètre de Berthelot dont la température est sensiblement celle de la salle d'opération, leur température s'élève aussitôt qu'une portion de la liqueur, conservée comme témoin, commence à se troubler. Ainsi une solution dont la valeur en eau équivaut à 358^{cal}, marque 23°,12 pendant un quart d'heure; puis, dès que le trouble apparaît, passe à 23°,14 en 20 minutes, pour atteindre et se fixer à 23°,16 au bout de 45 minutes. Le précipité recueilli, séché et calciné au rouge, pèse $1^{g},732$. Donc la chaleur dégagée est égale à $8^{cal},8$ par gramme de sel anhydre qui, entrant en solution saturée, absorberait $8^{cal},8$ = L. Ce

---

([1]) Van 't Hoff, *Chim. Phys.*, t. **1**, p. 34. Traduct. Corvisy, 1898.

([2]) *Comptes rendus*, t. **104**, 1887, p. 679, et t. **162**, 1916, p. 932.

nombre est le plus élevé que nous ayons observé. Un deuxième échantillon a dégagé de même $8^{cal},52$ par gramme de sulfate anhydre recueilli à 21°, dans une autre opération dont l'échauffement coïncidait aussi avec le trouble du témoin.

Premier contrôle. — Vers 24°, dissolvons dans 400^{cm^3} d'eau environ 2^g de gypse précipité, lavé, séché à 140° et porphyrisé. En 3 ou 4 minutes la température s'élève et se fixe à 0°,20 ou 0°,22 plus haut, selon le poids dissous déterminé en filtrant la liqueur et dosant le sel resté dans l'eau. Ces élévations de température correspondent à des dégagements de 38,5 à 41^{cal} par gramme, selon la préparation du sulfate.

Choisissons des échantillons répondant à $40^{cal},8$ par gramme en moyenne, y étant la chaleur d'hydratation et x celle de dissolution du corps hydraté, on a $x + y = 40,8$.

Pour obtenir y, plaçons 5 à 6^g des mêmes échantillons dans une bouteille de platine munie d'un gros tube. Celle-ci étant plongée dans un calorimètre qui renferme 400^{cm^3} d'eau, attendons l'équilibre de température et introduisons dans la bouteille 5 à 6^{cm^3} d'eau empruntée au calorimètre, on constate toujours une élévation d'environ 0,20 pendant les dix premières minutes, puis un arrêt de même longueur et enfin une reprise qui, se prolongeant au delà d'une demi-heure, donne pour y des valeurs comprises entre 49 et 50^{cal}, de sorte que x, inverse de la chaleur nécessaire à la dissolution isotherme, est compris entre -8 et -9, ce qui confirme la moyenne précédente 8,66.

Deuxième contrôle. — La faible solubilité du gypse permet d'adapter à son maximum de solubilité l'expression rationnelle $L - 2T = 0$, ou mieux $L - 2iT = 0$, car la pression osmotique de ce sel ionisé a pour valeur ip, avec i voisin de 1,7 et peu sensible à la température. D'où $AUpi = 2i = 3,4$; et comme $T = 308$, la valeur moléculaire $L = 3,4 \times 308$ ou 1047,2 devient, pour 1^g, $1047,2 : 136 = 7,7$, assez proche du nombre expérimental moyen.

La concordance de ces résultats montre que, loin d'être nulle au maximum de solubilité, la chaleur de saturation est nettement positive. Dès lors, la solubilité et la pression osmotique ne croissent pas simultanément comme l'exige la définition de ρ. Cette quantité de chaleur à la rigueur mesurable ρ ne joue donc pas vis-à-vis la concentration un rôle analogue à celui de la chaleur de saturation L vis-à-vis de la pression osmotique dont elle détermine le sens. Ce rôle est, en réalité, rempli par une expression complexe fonction de L, de T et de i, dont le signe dépend de la loi qui lie p au coefficient d'ionisation i et qui peut rarement être précisée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'électrolyse avec la cathode à gouttes de mercure.* Note (¹) de M. **J. Heyrovský**, présentée par M. G. Urbain.

Dispositif expérimental. — Pour étudier le commencement de l'électrolyse nous électrolysons la solution, B, dans un appareil (*fig.* 1), utilisant comme anode une couche de mercure, A, au fond d'un flacon conique et ayant comme cathode des gouttes de mercure sortant d'un capillaire C. Celui-ci est un tube capillaire de thermomètre, effilé de façon qu'une goutte se forme toutes les trois ou quatre secondes. Ce capillaire est relié à un réservoir à mercure par un tube de caoutchouc.

L'avantage de cette méthode résulte de la faiblesse du courant au début de l'électrolyse (10^{-8} — 10^{-7} amp.), qui ne peut modifier d'une façon appréciable la concentration autour de la cathode, surtout lorsque la solution est régulièrement agitée par les gouttes de mercure. De plus, les métaux les plus électropositifs ne sont pas attaqués par la solution quand ils sont déposés sur la surface de mercure continuellement renouvelée, et sur laquelle la formation électrolytique de bulles d'hydrogène est très difficile.

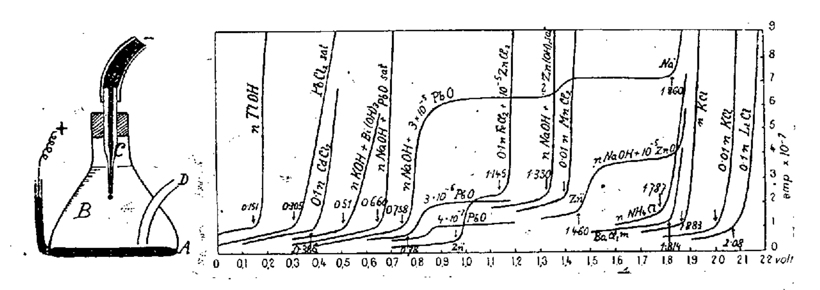


Fig. 1. Fig. 2.

Les potentiels de la grande anode restant constants pendant l'électrolyse (on les compare avec une électrode au calomel), tout changement de la force électromotrice polarisante n'influence que la cathode.

Dans le diagramme (*fig.* 2) quelques courbes d'électrolyse sont reproduites, avec en abscisses les potentiels imposés à la cathode, et en ordonnées l'intensité du courant de polarisation.

On trouve qu'une décomposition lente, mais distincte de l'électrolyse, c'est-à-dire la formation d'amalgame sur les gouttes, commence dans la

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

solution normale d'un sel de potassium à $-1,883$ volt [1], dans la solution décinormale à $-1,937$ volt, centinormale $-2,000$ volts. Dans le cas du fer [2] ces potentiels « de dépôt » sont de $-1,115$ volt, $-1,145$ volt, $-1,167$ volt; pour une solution de trichlorure d'indium 0,008 normal le dépôt commence à $-0,544$ volt; pour une dilution 10 fois plus grande au moyen d'une solution de chlorure de potassium à $-0,558$ volt; 100 fois plus diluée, à $-0,572$ volt. En fait, en étudiant les métaux, qui seront mentionnés dans une Note prochaine, nous avons trouvé, que, dans tous les cas, les variations de potentiel π de dépôt avec les concentrations c sont d'accord avec la formule théorique des piles de concentration $\pi = \frac{RT}{nF}\operatorname{Log}_e c$. Ceci montre que cette électrolyse est réversible.

Théorie. — Le potentiel, π, d'une goutte de mercure servant de cathode est donné par la relation

$$\pi = -\frac{RT}{nF}\operatorname{Log}_e \frac{KC}{c},$$

où R, T, F sont les symboles énergétiques usuels, C la concentration très faible du métal sur la surface de la goutte, n la valence et c la concentration des ions métalliques dans la solution; K est une constante caractéristique du métal.

Pour obtenir un amalgame de concentration C, il faut un courant satisfaisant à la relation

$$i = k.C = \frac{k.c}{K}.e^{-\frac{\pi n F}{RT}}.$$

La courbe doit donc être une exponentielle. Dans deux électrodes où les concentrations des mêmes ions c et c' sont différentes, et où l'intensité reste la même, les potentiels de polarisation π et π' satisfont à la relation suivante :

$$\pi - \pi' = \frac{RT}{nF}\operatorname{Log}_e \frac{c}{c'}.$$

Mais il y a toujours une variation du « courant résiduel » [3], due aux impuretés réductibles de la solution. Pour rendre minimum ce courant, il faut réduire la solution, avant l'électrolyse, en faisant passer de l'hydrogène pur par le tube D (*fig.* 1).

---

(1) *Phil. Magazine*, vol. 45, 1923, p. 310.
(2) *Trans. Farad. Soc.*, vol. 19, 1924, p. 692.
(3) Courant préalable à la décomposition du sel.

Dans les cas réels, nous comparons les points des courbes dont les tangentes ont des coefficients angulaires identiques

$$\frac{di}{d\pi} = \frac{kc}{K} e^{-\frac{\pi n F}{TR}} \left(-\frac{nF}{RT}\right) = \frac{kc'}{K} e^{-\frac{\pi' n F}{TR}} \left(-\frac{nF}{RT}\right),$$

d'où encore

$$\pi - \pi' = \frac{RT}{nF} \operatorname{Log}_e \frac{c}{c'}.$$

On a donc des courbes superposables, décalées seulement de

$$\frac{RT}{nF} \operatorname{Log}_e \frac{c}{c'}$$

sur l'axe des potentiels.

S'il y a seulement des traces de métal de l'ordre de 10^{-6} mol par litre, cette électrolyse fine change la concentration des ions déposables; on obtient bientôt le « courant de saturation » formant comme une « onde » dans la courbe d'électrolyse (voir *fig.* 2) et les courbes ne sont plus superposables. Dans le cas du plomb, par exemple, on reconnaît 4×10^{-7} mol d'oxyde dans un litre de solution d'hydroxyde de sodium; on peut ainsi déterminer qualitativement et quantitativement des traces de plusieurs métaux.

PHOTOCHIMIE. — *La photovoltaïcité des halogénures d'argent et le mécanisme de formation de l'image latente en photographie.* Note [1] de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

La formation de l'image latente a fait l'objet de nombreuses théories; les unes sont d'ordre physique et ne fournissent aucune représentation du phénomène; les autres, d'ordre photochimique, sont plus précises, mais ne peuvent pas davantage être vérifiées, car il est impossible d'isoler une quantité suffisante de la substance formée, celle-ci n'existant qu'à l'état de traces même dans les plaques les plus exposées.

Les halogénures d'argent sont très photo-électriques; ils le sont aussi très probablement en présence d'électrolytes; c'est sans doute par perte d'électrons qu'une électrode d'argent chloruré, par exemple, joue le rôle d'anode sous l'influence des radiations visibles.

Les résultats relatifs à l'action de la lumière sur les électrodes de métaux

---

[1] Séance du 10 novembre 1924.

altérés [1] conduisent à une explication du processus de formation de l'image latente. La photovoltaïcité des électrodes d'argent chloruré, bromuré ou sulfuré est beaucoup moins simple que celle d'autres surfaces sensibles (cuivre oxydé, chloruré, bromuré, ioduré, fluoruré ; étain oxydé, sulfuré, etc.). Elle dépend du mode de formation et de l'épaisseur de la pellicule active. Lorsque celle-ci est en couche mince (épaisseur allant du premier au troisième violet) les rayons rouges et les rayons bleus exercent des actions antagonistes accompagnées des phénomènes suivants : si l'on éclaire avec de la lumière rouge une lame d'argent à peine chlorurée, par exemple, le spot du galvanomètre prend une déviation correspondant à une légère charge négative, cette déviation diminue un peu mais sans changer de sens. Avec de la lumière bleue, la charge est d'abord négative (supérieure à la précédente), puis elle diminue et enfin change de sens en devenant invariable. A une nouvelle action des rayons bleus la déviation négative est beaucoup moins accusée, tandis que la déviation positive finale reste la même ; enfin après plusieurs expositions consécutives, la lame prend instantanément sa charge positive, sans avoir été au préalable négative. Mais, si l'on soumet alors l'électrode à l'action des radiations rouges, le phénomène primitif d'inversion se reproduit avec la même netteté.

L'action des rayons bleus peut être regardée comme la superposition de deux effets dont l'un, présentant une fatigue, est susceptible d'être régénéré sous l'action des rayons rouges. Le repos prolongé dans l'obscurité provoque, du reste, la même régénération.

Le bromure et le sulfure d'argent possèdent les mêmes propriétés, mais, pour le dernier de ces sels, la polarité est inverse de celle qui vient d'être indiquée.

L'intensité de ces phénomènes d'inversion et d'antagonisme des radiations est d'autant plus faible que l'épaisseur de la pellicule sensible est plus grande. Pour une épaisseur suffisante (correspondant au cinquième violet pour AgCl), ces effets ne se manifestent plus : sous l'action de la lumière rouge, comme sous l'action de la lumière bleue, la photovoltaïcité du chlorure et du bromure d'argent est positive, tandis que celle du sulfure est négative.

Ces propriétés correspondent à des phénomènes complexes. Cependant il est possible d'en rendre compte sommairement par la superposition de la photo-électricité de la pellicule sensible et, en raison de la transparence de

---

(1) R. Audubert, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 682.

cette dernière, de celle du métal sous-jacent. Quant à l'action régénératrice on peut l'attribuer à un effet thermique.

En ce qui concerne l'application de ces faits au domaine photographique il nous suffit de retenir que le chlorure d'argent possède, sous épaisseur normale, une photovoltaïcité positive pouvant s'interpréter par perte d'électrons. On doit se représenter l'émulsion de gélatino-halogénure d'argent comme une gelée dont les constituants forment sans doute un complexe d'adsorption, et où le colloïde hydrophile favorise la formation, autour de la micelle, d'une atmosphère d'eau grâce à laquelle des molécules du sel d'argent peuvent se dissoudre et s'ioniser. Il faut, en outre, admettre, entre le grain et l'électrolyte, l'existence d'une différence de potentiel. Sous l'action de la lumière, un électron se détache et quitte d'autant plus facilement la surface micellaire que le champ existant entre cette dernière et le liquide favorise ce départ. Cet électron franchit la couche de passage, pénètre dans l'atmosphère ionique entourant le grain et se fixe à un ion Ag^+ qui passe ainsi à l'état atomique. En même temps un ion Cl^- quitte le feuillet liquide et vient se décharger à la surface du granule. Ces deux ions sont du reste immédiatement remplacés, par suite de la dissolution d'une molécule nouvelle de AgCl. Aux endroits touchés par la lumière des noyaux d'argent métallique, constitués par l'agrégation des atomes formés, prennent donc naissance, sans doute sous forme colloïdale en raison des propriétés du milieu, leur grosseur dépendant des caractéristiques physico-chimiques de l'émulsion. La densité de cette précipitation est évidemment liée à l'intensité de l'éclairement.

Ces noyaux servent de germes pour la séparation de l'argent par action ultérieure du révélateur et jouent un rôle analogue à celui des petits cristaux dans la cristallisation d'une solution sursaturée. Ils interviennent de la même manière dans l'action des révélateurs physiques. Dans tous les cas, il est bien évident que l'opacité de l'image révélée dépend de la concentration des noyaux.

D'autre part, ce mécanisme photo-électrique rend compte de la très grande sensibilité de l'émulsion à l'égard des radiations de petites longueurs d'onde. Directement, on vérifie du reste que la photovoltaïcité des halogénures d'argent est beaucoup plus intense sous l'action des rayons bleus que des rayons rouges (100 à 150 fois plus).

Enfin, cette interprétation permet d'expliquer le fait que la sensibilité des émulsions croît avec la grosseur des grains [1]. Le phénomène photo-

---

[1] Cette explication n'est évidemment pas exclusive.

électrique est lié, en effet, à l'intensité du champ électrique entre le grain et le milieu environnant. L'action accélératrice de ce champ varie dans le même sens que la densité électrique σ de la couche à la surface du granule, si l'on suppose négative la charge de celui-ci.

En admettant que σ est lié à la concentration ionique intergranulaire par la relation vérifiée antérieurement (1) :

$$\sigma = AC^{\frac{1}{2}};$$

un calcul simple montre que σ augmente avec la grosseur des grains, c'est-à-dire, en dernière analyse, que le champ actif favorise d'autant plus facilement le départ de l'électron que les grains ont un diamètre plus grand.

En résumé, les résultats expérimentaux relatifs à la photovoltaïcité des sels d'argent conduisent à une explication simple du mécanisme de formation de l'image latente et interprètent quelques propriétés de la plaque photographique. Mais cette manière de voir n'exclut ni la possibilité de processus photochimiques plus complexes, ni l'action sensibilisatrice de la gélatine dont on sait qu'elle possède le pouvoir de fixer les halogènes.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les propriétés photochimiques de l'iodure stanneux.* Note de M. **P. Freundler** et de Mlle **Y. Laurent**, présentée par M. A. Béhal.

La présence de l'étain dans l'eau de mer a été signalée par M. Bardet (2). M. Cornec a rencontré cet élément dans les cendres de Laminaires en quantité plus que spectroscopique (3). Cette année, MM. Jolibois et Bossuet, au cours d'une étude spectrographique des cendres insolubles de *L. flexicaulis* récoltés en février, ont isolé à l'état de sulfure une quantité notable du même métal (4).

Désireux de suivre les variations de l'étain chez cette Laminaire, nous avons étudié spécialement une réaction caractéristique de cet élément, à savoir, la précipitation du chlorure stanneux par les iodures alcalins.

---

(1) R. Audubert, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 838.
(2) *Ann. Soc. Hydrologie*, t. 58, 1913, p. 355.
(3) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 513.
(4) Communication particulière.

L'iodure stanneux a fait l'objet de nombreux travaux (¹). Il est décrit généralement sous la forme d'aiguilles rouges, parfois sous celle d'octaèdres jaune orangé; divers auteurs signalent dans certaines conditions la formation d'un produit jaune amorphe, qu'ils considèrent généralement comme un sel double alcalin. Seul, à notre connaissance, M. Warden mentionne l'action de la lumière qui transforme le produit jaune en aiguilles rouges; il signale à ce propos le fait intéressant que les radiations qui provoquent le phénomène sont arrêtées par une feuille de papier blanc.

Voici les observations, pour la plupart nouvelles, que nous avons faites à ce sujet :

1° Le précipité obtenu en mélangeant des solutions équivalentes d'iodure de potassium et de chlorure stanneux commercial aussi neutre que possible, est constitué par un mélange des cristaux rouges et du produit jaune mentionné plus haut, le liquide surnageant étant incolore. Par exposition au soleil, la partie solide devient entièrement rouge; pendant la nuit, elle redevient entièrement jaune pour retourner au rouge à la suite d'une nouvelle insolation et au jaune la nuit d'après. Si l'expérience est faite dans un tube imparfaitement bouché, on constate qu'après chaque transformation, la matière solide a diminué; au bout de quelques jours elle a disparu et peu après le liquide commence à prendre une teinte brune qui devient de plus en plus foncée. A partir de ce moment, le liquide perd de l'iode quand on le chauffe ou qu'on l'agite avec du tétrachlorure de carbone. Cette dernière transformation, qui résulte de l'oxydation par l'air, s'effectue aussi, mais plus lentement, à la lumière diffuse, même en présence d'un excès d'étain.

2° Le produit, chauffé un instant au bain-marie, devient rouge, mais dans ce cas, il ne repasse au jaune qu'avec une très grande lenteur à la lumière diffuse.

3° Une série de dix échantillons ont été préparés en mélangeant des quantités variables de chlorure stanneux commercial et d'iodure de potassium en solutions à peu près normales (dans le premier tube, on a mis $0^{cm^3},5$ de KI et 5^{cm^3} de $SnCl^2$; dans le deuxième, 1^{cm^3} de KI et $4^{cm^3},5$ de $SnCl^2$ et ainsi de suite jusqu'à 5^{cm^3} de KI et $0^{cm^3},5$ de $SnCl^2$). Il ne s'est rien passé dans les deux premiers tubes (saturation de HCl libre par KI); les cinq

(¹) Boullay, *Ann. Chim. et Phys.*, 2ᵉ série, t. 34, 1827, p. 372. — Personne, *Comptes rendus*, t. 54, 1862, p. 216-219. — Woehler et Dunhaupt, *Ann. Chem.*, t. 86, 1853, p. 374. — Koehnlein, *Ibid.*, t. 225, 1884, p. 184. — C. J. H. Warden, *Pharm. Journ.*, 4ᵉ série, t. 4, 1897, p. 61. — S. W. Young, *Am. Chem. Soc.*, t. 19, 1898, p. 845.

tubes suivants ont fourni un précipité rouge, le huitième un mélange de rouge et de jaune et les deux derniers du produit jaune. Il résulte de là, qu'en présence d'un excès de chlorure d'étain on obtient le corps rouge, et en présence d'un excès d'iodure, le corps jaune.

Dans la première expérience, les choses se sont donc passées comme si, à la suite de l'insolation, l'iodure stanneux se trouvait en présence d'un excès de chlorure stanneux, tandis qu'après la nuit, la solution renfermait un excès d'iodure.

4° Une autre série de 10 tubes ont été préparés dans les mêmes conditions, mais en remplaçant l'iodure de potassium par celui de sodium. Dans ce cas, le phénomène est inversé : on obtient avec un excès d'étain un produit jaune et avec un excès d'iodure un produit rouge ; ce dernier est d'ailleurs très semblable à celui obtenu dans les expériences précédentes. D'autre part, la forme jaune est la forme stable à chaud. Enfin, tandis que l'oxydation progressive du produit potassique à la lumière diffuse a libéré de l'iode dans tous les tubes, le produit sodique dans les mêmes conditions ne libère pas d'iode ; on observe seulement à la surface du liquide la séparation de quelques flocons amorphes blanc jaunâtre, et ceci a lieu même dans les tubes qui renferment un excès d'iodure.

Il y a des analogies remarquables entre ces observations et celles que nous faisons en étudiant les variations de l'iode chez les *L. flexicaulis* où l'on rencontre également de l'étain et du sodium. En particulier, nous retrouvons dans les phénomènes décrits plus haut : 1° l'inoxydabilité à l'air et à la lumière, de l'iodure de sodium obtenu par incinération, c'est-à-dire après destruction de la matière organique azotée ; 2° l'absence d'iode volatil dans les algues (1) ; 3° l'influence du milieu potassique, observée dans les jeunes lames de mars riches en KCl (2), et qui annihile le rôle stabilisateur de la zone stipofrondale en milieu sodique sur l'accroissement de l'iode ; 4° enfin la stabilisation durable mais non définitive de la teneur en iode des algues, provoquée par la chaleur.

Nous pensons donc que l'association iode-étain-sodium joue un rôle fondamental dans la dissimulation de l'iode.

L'étude photochimique de ces phénomènes est poursuivie quantitativement.

---

(1) M^lles LELIÈVRE et MÉNAGER, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1315.
(2) P. FREUNDLER, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1625.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement γ de très grande énergie des substances actives de la famille du thorium.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

1. Les spectres β naturels du thorium B, du thorium C et du thorium C″ ont été étudiés par Ellis, Hahn et Meitner (¹) qui attribuèrent l'origine de la plupart des lignes intenses à un certain nombre de rayons γ dont les énergies ne dépassaient pas 600 000 volts. Les auteurs considéraient comme impraticable la mise en évidence directe de ces rayons γ au moyen des spectres β excités par voie secondaire en utilisant l'effet photo-électrique.

J'ai appliqué cette méthode, précédemment décrite et utilisée avec succès pour les rayons γ pénétrants du radium (²), aux corps de la famille du thorium comme l'avaient fait de Broglie et Cabrera (³). Divers éléments sont soumis au rayonnement de la source à étudier et à chaque rayon γ ainsi qu'à chacun des niveaux d'absorption de ces éléments correspond l'émission d'un groupe de rayons β rapides de vitesse déterminée, que l'on mesure par déviation du faisceau corpusculaire dans un champ magnétique. La relation photo-électrique d'Einstein, dont j'ai montré la légitimité pour ces rayons pénétrants, permet de faire correspondre à ces raies β un certain nombre de rayons γ, tels que leur énergie soit la somme de l'énergie du corpuscule expulsé et de celle du niveau d'extraction excité dans l'atome ionisé.

2. La source utilisée était un mince tube de verre scellé contenant du mésothorium en équilibre avec ses produits actifs. Le rayonnement γ de cette source était assez complexe, puisqu'il contenait les radiations émises par le mésothorium 2, le thorium B et le thorium C″. Son activité globale équivalait à celle d'un peu moins de 15^{mg} de bromure de radium.

De Broglie et Cabrera (*loc. cit.*) avaient déduit de l'étude des spectres excités par une telle source, des rayons γ de 72, 207, 233, 334 et 416 kilovolts. J'ai trouvé qu'il existait plusieurs groupes β correspondant à des rayons γ d'énergie plus élevée et qu'on pouvait les obtenir pour divers

(¹) O. v. Baeyer, O. Hahn et L. Meitner, *Phys. Zeits.*, t. 12, 1911, p. 1099. — L. Meitner, *Zeit. f. Phys.*, t. 11, 1922, p. 35. — C. Ellis, *Proc. Roy. Soc.*, t. 100, 1922, p. 1.

(²) Jean Thibaud, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1706, et t. 179, 1924, p. 165 et 815.

(³) M. de Broglie et Cabrera, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 295.

radiateurs : l'uranium, le plomb, le platine, le tungstène, l'étain et même l'argent.

En particulier le spectre β excité photo-électriquement dans un radiateur de plomb, isotope du thorium B, comprend les groupes de corpuscules dont les énergies suivent :

TABLEAU I.

N°.	Intensité.	R. H. cm-gauss.	Énergie en kilovolts.	Énergie du rayon excitateur.
1	très intense	2872	491,5	580,7
2	assez faible	3174	571,3	
3	assez faible	3670	706	795,2
4	intense	4090	819	908,2
5	assez intense	4284	873,5	962,7

Ces raies ont été mesurées avec une précision relative de 0,5 pour 100 en prenant pour étalon la raie β intense due au rayon de 610 kilovolts du radium C agissant sur le niveau K du plomb, et à laquelle on attribuait un « RH » de 2975 cm/gauss.

Toutes ces raies, à l'exception de la seconde qui semble être due au même rayon γ que la première et provenir d'une couche L, viennent du niveau K.

Des spectres semblables ont été mesurés avec la même précision pour l'uranium et le tungstène et les déplacements obtenus pour les raies sont conformes aux prévisions de la relation d'Einstein. En ajoutant à l'énergie corpusculaire l'énergie d'extraction K de l'atome ionisé, on obtient des nombres constants qui représentent les énergies des radiations γ excitatrices (la radiation γ d'intensité plus faible, déduite du précédent tableau et moins certaine, n'est pas représentée) :

TABLEAU II.

N°.	Intensité.	Énergie en volts.	Fréquence en 10^{20}.	Longueur d'onde en 10^{-11} cm.
A	très intense	580700	1412	21,3
B	intense	908200	2209	13,6
C	assez intense	962700	2341	12,8

3. *Origine de ces radiations.* — M[lle] Meitner a trouvé dans le spectre naturel du thorium C + C″ une raie forte RH = 2910, confirmée récemment par Pohlmeyer (¹) (RH = 2896). Le rayon A a donc son origine dans le thorium C + C″ et plus particulièrement dans le thorium C″ dont

(¹) POHLMEYER, *Zeit. f. Phys.*, t. 28, 10 octobre 1924, p. 216.

la radiation est du type pénétrant et il est confirmé de plus que la raie 2896 du spectre naturel a une origine photo-électrique.

En ce qui concerne les rayons B et C, le spectre naturel de l'ensemble Th B + C + C″, bien étudié par Ellis, Meitner, repris récemment par une méthode d'ionisation (Pohlmeyer, *loc. cit.*) ne présente aucune raie importante au-dessus de 600 kilowatts. Les deux rayons nouveaux B et C pourraient être attribués au mésothorium 2, mais ce n'est là qu'une hypothèse.

Ellis avait suggéré que le thorium C″ ne donnerait pas de rayons γ monochromatiques d'énergie supérieure à 800000 volts, mais une radiation γ « blanche » à laquelle correspondrait la bande β continue signalée par Hahn. Les divers spectres β excités ne présentent de fond continu que jusqu'à 700 kilovolts. Au-dessus de cette valeur et jusqu'à la limite de mes mesures (2 millions de volts) je n'ai rien trouvé qui corresponde à un spectre continu de haute énergie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les β-amino-alcools primaires répondant à la formule générale :*

$$R-\underset{\displaystyle NH^2}{\underset{|}{CH}}-C\begin{matrix}\diagup R_1\\ -CH^2OH.\\ \diagdown R_2\end{matrix}$$

Note (¹) de M. P. Billon, présentée par M. A. Haller.

On sait toute l'importance qu'ont acquise, depuis quelques années, les amino-alcools. Bien que le nombre de ces molécules augmente sans cesse, il n'en existe cependant aucune qui réponde à la formule ramifiée générale :

$$R-\underset{\displaystyle NH^2}{\underset{|}{CH}}-C\begin{matrix}\diagup R_1\\ -CH^2OH\\ \diagdown R_2\end{matrix}$$

Nous avons entrepris l'étude du premier terme de ces composés en nous adressant à l'oxime du diéthylacétoacétate d'éthyle que nous avons réduite au moyen du sodium et de l'alcool absolu, suivant la méthode classique de MM. Bouveault et G. Blanc.

L'éther cétonique a été obtenu en nous reportant aux indications de

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

Wislicenus ([1]). Quant à l'oxime, déjà signalée ([2]), elle a été préparée de la manière suivante : on dissout, dans la quantité d'eau juste suffisante, 22^g de chlorhydrate d'hydroxylamine (1^{mol},5) et 42^g d'acétate de sodium cristallisé; on verse dans cette solution 40^g d'éther cétonique (1^{mol}) et l'on ajoute de l'alcool à 95° jusqu'à ce que l'on ait une solution homogène. On chauffe cette solution pendant 30 heures au bain-marie bouillant. Au bout de ce temps, on élimine la majeure partie de l'alcool, on épuise le résidu à l'éther ordinaire. La solution éthérée, après décantation, est séchée sur du carbonate de sodium sec qui retient l'acide acétique prenant naissance dans la réaction. On filtre, chasse l'éther au bain-marie et distille le liquide restant sous pression réduite.

On recueille à 102° sous 15^{mm} un peu d'éther cétonique non transformé en oxime, puis l'oxime qui passe à 148° sous 15^{mm}. L'oxime ainsi obtenue, dissoute dans le mélange éther-ligroïne, laisse déposer par évaporation de beaux cristaux fondant à 54°.

Réduction de l'oxime par le sodium et l'alcool absolu. — On se sert, pour cette opération, d'un ballon de 3^l surmonté d'un bon réfrigérant d'argent, dont le tube supérieur est relié par l'intermédiaire d'un flacon de garde à un barboteur contenant de l'acide chlorhydrique très étendu.

On met dans le ballon 36^g d'oxime (1^{mol}) que l'on dissout dans 600^g d'alcool absolu (distillé récemment sur du sodium). On ajoute alors d'un seul coup 100^g de sodium (24 atomes). La réaction est très vive et l'on perçoit une odeur ammoniacale. Quand tout le sodium a disparu, ce qui exige un chauffage plus ou moins prolongé au bain métallique, on reprend par l'eau qui décompose l'éthylate de sodium formé. On distille l'alcool dans le vide, en le recueillant dans un flacon contenant un peu d'acide chlorhydrique et plongé dans un mélange réfrigérant à — 18°. Le contenu du flacon est redistillé de la même façon. On réunit le résidu des deux distillations. On l'épuise à l'éther, décante la solution éthérée que l'on traite par l'acide chlorhydrique étendu afin d'enlever l'amino-alcool sous la forme de chlorhydrate; l'éther restant retient l'oxime non réduite (en quantité extrêmement faible). La solution chlorhydrique est concentrée et mise à cristalliser. Les cristaux essorés sont remis en solution dans l'eau pure et traités par une lessive de soude concentrée. On épuise à l'éther les produits basiques ainsi libérés. On décante la solution éthérée que l'on sèche par contact avec du sulfate de sodium anhydre. On distille sous la pression atmosphérique jusqu'à ce que le thermomètre atteigne 150° et l'on termine l'opération sous un vide de 22^{mm}. A 100° on obtient un palier puis le thermomètre monte brusquement à 132 où il se fixe jusqu'à la fin de la distillation.

Le corps ainsi isolé est traité par de l'éther anhydre saturé d'acide

([1]) WISLICENUS, *Ann.*, t. **186**, 1871, p. 215.
([2]) BETTI, *G.*, t. **28**, I, 1898, p. 274.

chlorhydrique sec. On obtient un précipité abondant qui, dissous dans l'alcool à 95°, laisse déposer des cristaux fondant à 115°. Le dosage du chlore fait sur les cristaux par la méthode Charpentier-Wolhard donne 19,62 pour 100 de chlore; la théorie pour le chlorhydrate de l'amino-alcool indique 19,55 pour 100.

Nous avons fait agir le chlorure de benzoyle sur l'amino-alcool pour caractériser la fonction alcool. On obtient un précipité qui, après lavage à l'éther, afin d'enlever le chlorure d'acide en excès, et recristallisation dans l'alcool à 95°, donne des cristaux fondant à 180° et correspondant au dérivé benzoylé du chlorhydrate de l'amino-alcool.

Le mode de formation et l'analyse des différents dérivés obtenus nous permettent de conclure que l'amino-alcool isolé est bien du β-*amino-α.α-diéthylbutanol*-1

$$CH^3-\underset{\displaystyle NH^2}{\underset{|}{CH}}-C(C^2H^5)^2-CH^2OH$$

Nous nous proposons de préparer les homologues de cet amino-alcool, soit en suivant la même voie que celle qui a conduit à ce dernier dérivé, soit en partant des éthers β-oxy-αα-dialcoylbutanoïque que nous essaierons de transformer en dérivés β chlorés puis en dérivés aminés ou alcoylaminés et enfin, par réduction, en amino-alcools.

MINÉRALOGIE. — *Sur la détermination des températures de départ de l'eau dans les silicates.* Note de M. **J. Orcel.**

Parmi les procédés habituellement utilisés pour le dosage de l'eau dans les silicates [1] le meilleur consiste à chauffer ceux-ci électriquement dans une nacelle de platine placée au milieu d'un tube de quartz fondu parcouru par un courant d'air sec, et à recueillir l'eau dans des tubes tarés. Un couple thermo-électrique donne la température du four. Mais ce procédé ne permet pas de déterminer exactement les températures de départ, même si la soudure du couple est placée près de la nacelle, car l'apparition de la buée dans la partie froide du tube ne se produit qu'un certain temps après le début du dégagement. D'autre part dans le cas de silicates renfermant du

(1) Voir W.-F. Hillebrand, *The analysis of silicate and carbonate rocks* (*U. S. Geol. Survey*, Bull. 700, 1919, p. 73 à 89) (procédés de Gooch, Chatard et Jannasch) et M. Dittrich *in* Doelter, *Handbuch der Mineralchemie*, t. II, p. 110 à 114.

fer ferreux ou d'autres composés oxydables, il faut remplacer le courant d'air par un courant d'azote, afin de pouvoir étudier les variations de propriétés physiques provoquées uniquement par le départ de l'eau. J'ai cherché à supprimer simultanément ces inconvénients en opérant dans le vide.

Le dégagement de l'eau est alors mis en évidence par l'accroissement brusque de la pression dans l'enceinte renfermant la substance, et les phénomènes d'oxydation sont ainsi évités.

L'appareil utilisé se compose d'un tube de quartz fondu de 17^{cm} de long et de 3^{cm} de diamètre, fermé à une extrémité et maintenu verticalement dans un four électrique à résistance de platine permettant, à l'aide d'un rhéostat, d'obtenir toutes les températures jusqu'à 1100°. A l'autre extrémité du tube est rodé un capuchon de verre auquel sont soudés trois tubes : deux d'entre eux sont utilisés pour l'introduction d'un couple thermo-électrique, le troisième est en relation avec la trompe à vide (1). A l'aide d'un robinet à trois voies le tube peut être mis en communication avec un manomètre différentiel à mercure, ou avec la trompe. La substance pulvérisée est placée dans un creuset de platine au fond du tube de quartz. La soudure du couple est maintenue au milieu d'elle au moyen d'une monture en silice.

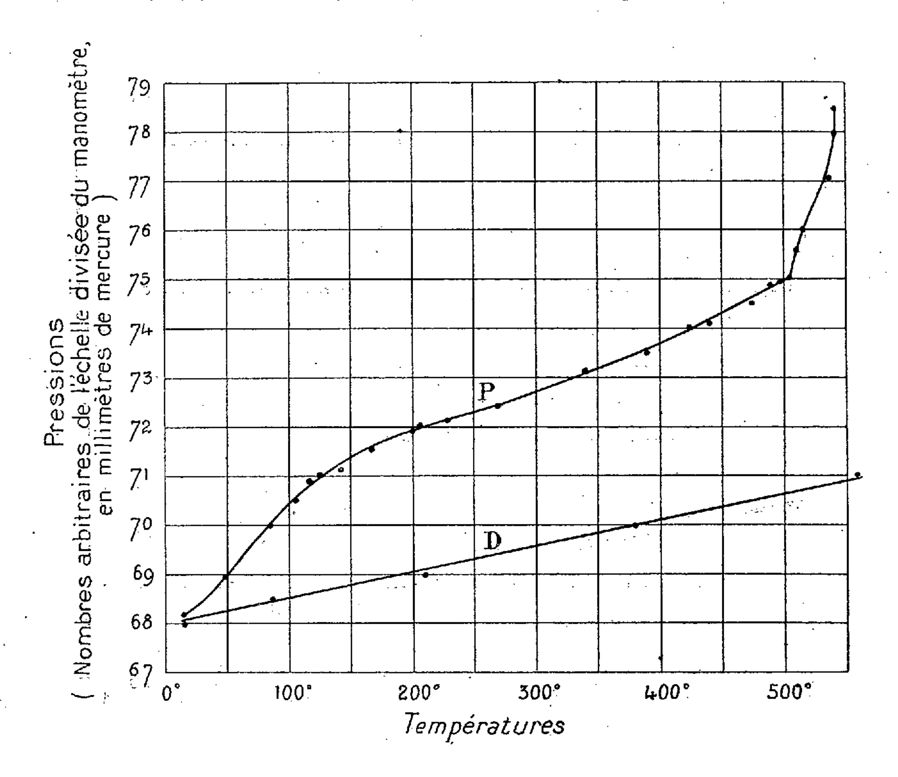
Mode opératoire. — Après avoir fait le vide dans l'appareil, on construit par points la courbe (P) des variations de pression en fonction de la température. Si l'opération a lieu dans le vide produit par la trompe à eau, il sera nécessaire de construire au préalable la courbe de dilatation de l'air résiduel (D). La forme de la courbe (P) permet de mettre en évidence les départs brusques et les départs continus de vapeur d'eau (2). En effet, si le dégagement de l'eau est continu (eau hygroscopique par exemple), la courbe P est continue et sa pente est plus forte que celle de la courbe D ; à chaque température correspondra une pression déterminée. Dans le cas

---

(1) Jusqu'à présent j'ai utilisé seulement le vide produit par deux trompes à eau accouplées.

(2) Dans ce dernier cas, il faut éviter les condensations trop rapides dans les parties non chauffées de l'appareil ; si le dégagement est faible, le rayonnement du four permet de maintenir l'eau à l'état de vapeur dans toute la hauteur du tube ; s'il est abondant, il faut faire le vide dès que la condensation commence et chasser l'eau à température constante, puis poursuivre l'étude du dégagement dans l'intervalle des températures de condensations successives, en chassant l'eau dégagée à chaque condensation.

d'un dégagement brusque, au contraire, la pente de la courbe augmentera brusquement et l'abscisse du point anguleux obtenu fournira la température de départ. Si la substance est maintenue à cette température, la pression augmentera jusqu'à ce que le dégagement soit terminé. Il est nécessaire, après chaque départ, de chasser l'eau dégagée, en faisant à nouveau le vide afin que la buée, condensée dans les parties non chauffées de l'appareil, ne produise pas d'augmentation ou de diminution de pression anormales dans



l'étude du départ suivant. La pesée du creuset après refroidissement dans le vide fournit la quantité d'eau dégagée, mais il est en général préférable de ne pas laisser refroidir la substance entre chaque départ (changements d'état possibles) et de doser l'eau sur une autre prise d'essai par le procédé habituel, en la recueillant à chacune des températures précédemment déterminées.

A titre d'exemple, je donne dans la figure ci-dessus la courbe qui met en évidence le premier départ brusque de vapeur d'eau dans le cas de la ripidolite d'Androta (Madagascar), à la température de 500-510°. Le dégagement continu de l'eau hygroscopique avant 100° est aussi nettement indiqué.

La calcination dans le vide permet donc à la fois de supprimer les causes d'oxydation et de déterminer avec une exactitude suffisante les températures et le mode de départ de l'eau dans les silicates et plus généralement dans les minéraux hydratés, mais elle ne peut être employée dans le cas d'un minéral renfermant d'autres éléments ou composés susceptibles de se dégager par l'action de la chaleur (tels que O, N et gaz rares, F, Cl, CO^2, SO^3) que si ce dernier dégagement se produit à des températures différentes de celles du départ de l'eau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation du diamant dans le vide à haute température.* Note de MM. **P. Lebeau** et **M. Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

MM. G. Friedel et G. Ribaud [1] ont indiqué que le diamant chauffé dans une atmosphère gazeuse se transforme complètement, en moins de deux minutes, en graphite à 1885°. Cette transformation est précédée d'un éclatement et d'un gonflement considérable de la masse. A cette même date, nous avions déjà effectué un certain nombre d'expériences ayant également pour objet l'étude de l'action d'une température élevée sur le diamant. Toutefois, nos essais étant faits dans un vide aussi parfait que possible, il restait intéressant de les compléter et d'en comparer les résultats avec ceux donnés par ces savants.

Les diamants étaient placés dans le four électrique à vide que nous avons décrit antérieurement [2]. Le tube en graphite servant de résistance de chauffage avait été privé d'impuretés par l'action préalable d'une température de 2000° maintenue pendant 3 heures. Il donnait par combustion 0,005 pour 100 de cendres. Dans chaque essai, le fragment ou cristal à étudier était tout d'abord disposé dans un tube de cuivre ayant le même diamètre que le tube de chauffe en graphite et le prolongeant vers l'extérieur, tout en restant compris dans la partie close du four. Une petite tige de fer, portant à l'une de ses extrémités un disque de cuivre d'un diamètre légèrement inférieur à celui des tubes, pouvait être mise en mouvement à l'aide d'un aimant. Le vide étant obtenu dans l'appareil, le tube de graphite était privé de gaz par une chauffe préalable à 2200°. Après refroidissement

---

(1) G. Friedel et G. Ribaud, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1126.
(2) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1151.

sous vide, on faisait mouvoir le disque de cuivre, de manière à pousser le diamant dans la partie centrale du tube de chauffe. On élevait ensuite la température. L'extraction des gaz susceptibles de se dégager était poursuivie pendant toute la durée de l'essai.

Nous résumerons brièvement les faits observés aux diverses températures de chauffe choisies.

1° Température 1500°; durée de la chauffe : 1 heure.

Quatre expériences ont été faites. Pour trois d'entre elles, on a utilisé des diamants transparents et pour la quatrième un fragment de carbon du Brésil. Dans aucun cas il n'a été constaté de variation de poids et les fragments sont tous restés entiers et sans déformation.

Les trois premiers diamants ont subi un noircissement partiel se localisant surtout au voisinage des arêtes, en laissant sur les faces des plages complètement transparentes. Des attaques par le mélange acide azotique et chlorate de potasse n'en modifient pas l'aspect. Le carbone noir formé est disséminé dans les couches superficielles, en voie de transformation, et est inaccessible aux réactifs oxydants.

L'un de ces diamants, en partie taillé, a noirci seulement sur les facettes naturelles. Il présente quelques plages à teinte grise dégradée, se diffusant vers l'intérieur.

Le fragment de carbon du Brésil de forme arrondie, possède une cassure gris clair, le reste de la surface étant franchement noir. Après chauffe, la partie grise a noirci, sauf sur quelques points blancs correspondant à des impuretés. On ne constate pas de variation de poids sensible et le mélange acide azotique-chlorate de potassium ne donne pas d'oxyde graphitique.

2° Température 1800-1850°; durée de la chauffe : 1 heure.

La transformation se produit à cette température avec ou sans fragmentation, qu'il s'agisse de diamant transparent, de bort ou de diamant noir. Lorsque le fragment chauffé a conservé sa forme primitive, il suffit parfois de l'action de l'acide azotique concentré, ou dans d'autres cas d'un léger frottement pour séparer la partie non modifiée.

Le taux de transformation a varié de 17,6 pour 100 à 40 pour 100.

Sous l'action de l'acide azotique et du chlorate de potasse, on produit un oxyde graphitique jaune, mais la partie centrale des diamants restée compacte ne se décolore pas complètement et une partie du carbone noir reste inattaquable dans la masse. Le même fait s'observe pour les petits fragments résultant d'un éclatement.

3° Température 1925°; durée de la chauffe : 1 heure.

Les essais faits à cette température ont porté sur deux diamants transparents. Les phénomènes observés sont les mêmes que pour la température 1800-1850°. La formation de charbon graphitique a été de 6,3 pour 100 dans un cas et de 48 pour 100 dans l'autre.

4° Température 2000°; durée de la chauffe : 30 minutes.

Une seule expérience a été faite à cette température avec un diamant parfaitement incolore qui a subi une transformation de 90 pour 100. Par l'action des oxydants on a encore pu isoler quelques morceaux transparents.

5° Température 2200°; durée de la chauffe : 1 heure.

Un diamant transparent et un diamant noir ont été complètement changés en un carbone noir donnant encore un oxyde graphitique jaune. La transformation du diamant ne se produit donc rapidement dans le vide qu'au-dessus de 2000°. Les phénomènes d'éclatement et de gonflement observés par MM. G. Friedel et G. Ribaud ne sont pas constants dans ces conditions. Pour une température donnée, la vitesse de transformation varie avec les échantillons utilisés. Il est très vraisemblable que ces divergences sont dues à la nature et à la quantité des impuretés que contiennent les diamants naturels.

Il n'est pas douteux que certains gaz favorisent la transformation. Contrairement à ce qui a été parfois signalé, nous avons reconnu que dans le vide le diamant ne subit aucun changement à 1000° en 24 heures. Par contre, la présence d'une trace d'air suffit pour provoquer la formation d'une couche noire superficielle. Il y a lieu de remarquer que, dans ces conditions, la pénétration du carbone noir à l'intérieur ne se produit pas, car on obtient la décoloration totale du diamant par une seule attaque au mélange acide azotique et chlorate de potasse.

LITHOLOGIE. — *Sur les enclaves silicatées du cipolin de Saint-Philippe (Vosges d'Alsace).* Note de M. **Jean Jung.**

Le cipolin interstratifié dans les gneiss de Saint-Philippe, près de Sainte-Marie-aux-Mines, montre un grand nombre d'enclaves silicatées de toutes dimensions. Ces enclaves sont des gneiss à biotite, des gneiss à silimanite et à grenat, des gneiss à amphibole, à diopside. Que l'origine de cette brèche singulière soit sédimentaire ou tectonique, la présence d'auréoles

de minéraux établissant une transition entre le gneiss enclavé et le calcaire encaissant, démontre que sa formation est, en tout cas, antérieure à l'action du métamorphisme. Nous nous proposons ici de faire l'étude des auréoles entourant les enclaves.

Le cas le plus complexe se trouve réalisé autour d'amphibolites micacées. L'amphibolite passe, sur les bords de l'enclave, à une bordure pyroxénique de un à deux centimètres de large; cette bordure, elle-même, va se perdre ensuite dans la masse du calcaire cristallin.

L'étude microscopique du liséré pyroxénique montre que les minéraux sont disposés en zones concentriques, moulant exactement les irrégularités du contour. On trouve d'abord une première zone, très étroite, contenant du diopside, de la biotite et du labrador généralement séricitisé avec, en moindre abondance, du quartz, de la calcite, de la pyrite, du sphène. Tous ces minéraux sont unis par une texture enchevêtrée. Dans une seconde zone, on ne trouve plus de biotite ni de pyrite, mais le sphène prend un grand développement. Plus loin, le quartz disparaît, tandis que la calcite devient de plus en plus abondante, et constitue bientôt un fond continu, englobant des cristaux isolés de diopside et de labrador. Enfin, une dernière zone montre la disparition du feldspath, tandis que le diopside va charger le calcaire jusqu'à des distances beaucoup plus grandes de l'enclave.

Ces auréoles ne peuvent s'expliquer que comme exsudation des éléments de l'enclave dans le calcaire encaissant.

L'analyse de combinaisons minéralogiques réalisées dans les zones successives donne des aperçus sur le détail de cette migration. C'est ainsi que le quartz, qu'on ne trouve ni dans l'amphibolite, ni dans la partie extérieure de l'auréole, est relativement abondant dans la zone interne contiguë à l'enclave. Il trahit une accumulation de silice à cet endroit. Le cantonnement des minéraux ferriques dans la première zone donne la limite extrême atteinte dans sa migration par le fer. Le sphène, élément très accessoire dans l'amphibolite, devient abondant dès que la biotite, qui, sans doute, contenait le titane, a disparu. La répartition du diopside et du labrador indique la limite atteinte par l'expansion de la silice et de l'alumine. Quant au liséré de pyrite, il peut être considéré comme le produit de la réaction des sulfures du calcaire, qui est en effet parfois fétide, sur le fer de l'amphibolite.

Enfin ces auréoles successives donnent une mesure de la mobilité relative des

différents éléments dans le calcaire : la silice et la magnésie montrent une mobilité particulièrement grande par rapport au titane et à l'alumine, tandis que le fer est, de tous ces éléments, le moins apte à se déplacer.

Les mêmes phénomènes apparaissent autour des autres enclaves, avec cette différence que les auréoles sont plus riches en diopside autour des roches basiques, plus riches en feldspath autour des roches acides [1].

GÉOLOGIE. — *La nature des dépôts à Globigérines dans les couches de passage du Crétacé à l'Éocène des Pyrénées occidentales.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

Ce que M. Stuart-Menteath a nommé le flysch, pour les Pyrénées occidentales, comprend des terrains dont l'âge va du Cénomanien supérieur à l'Éocène, et qui témoignent d'une sédimentation continue pendant toute la durée de cette période.

C'est dans l'estuaire de la Bidassoa qu'on peut le mieux observer ces terrains. Ils se montrent constitués de dépôts à Globigérines formant le plus souvent de solides calcaires qui alternent avec des dépôts marneux, phylliteux, et parmi lesquels s'intercalent, suivant les points et les niveaux, des lits gréseux ou des roches de caractère bréchique.

Il était particulièrement intéressant d'étudier les calcaires à Globigérines parce que leur allure extérieure, dans toute la série de ces terrains, est constamment la même, et il s'imposait de rechercher si leur constitution lithologique était, elle aussi, constante ou variait.

On peut prendre pour type du calcaire à Globigérines certain calcaire du Danien, horizon bien caractéristique du pays basque (Labourd et Guipuzcoa), développé, en particulier, à Hendaye et à Fontarabie.

Il est fait de Globigérines prises dans une masse constituée par un amas de Coccolithes et de menus rhomboèdres de calcite dans laquelle on observe des loges sphériques isolées, sans ouvertures, dont la dimension diamétrale n'excède pas $0^{mm},07$, et dont la coque est faite de petits prismes de calcite contigus, offrant ainsi une microstructure fibreuse.

Un tel calcaire tire une partie de son intérêt de la très grande similitude,

---

(1) Ces observations confirment et complètent celles que Hatch et Rastall ont publiées à propos de la dolomie de Port-Shepstone (Natal) (*Quarterly Journal*, t. 46, 1910, p. 507).

de la quasi-identité, qu'il offre avec certaine boue à Globigérines draguée par l'expédition du *Challenger* dans le Sud-Atlantique au nord de Tristan da Cunha (station 338). Il y a, dans cette boue, des Globigérines et des Coccolithes, et aussi des loges à structure fibreuse (Sphères fibreuses : *Fibrosphæræ*) (¹).

Ce type de calcaire se retrouve avec constance au-dessus du Danien, dans les couches de passage à l'Éocène, et à l'Éocène inférieur même, mais il se charge de Radiolaires et devient un calcaire à Globigérines et Radiolaires continuant d'ailleurs à porter des « sphères fibreuses ».

Mais au-dessous du Danien, dans les calcaires de même allure, comme d'ailleurs dans tout autre type de sédiments, les sphères fibreuses ne se voient pas. Sous cet étage, dans les terrains du franc Crétacé, les Calcaires à Globigérines sont aussi « à Rosalines » et j'ai montré jadis que leur constitution évoluait de la base au sommet du flysch crétacé : ne commençant à porter les Rosalines qu'à partir du flysch crétacé moyen (fin du Turonien et début du Sénonien) et n'offrant que la seule espèce *Rosalina Linnei*, ils se chargent, au Sénonien supérieur à la fois de *Rosalina Linnei* et de *Rosalina Stuarti*.

C'est un fait remarquable que les Rosalines disparaissent à peu près complètement au Danien, ne subsistant, en rares individus, que dans quelques calcaires crayeux chargés de Lagenas et dans des calcaires graveleux, mais ne se trouvant pas dans les calcaires solides, durs, compacts et homogènes de grain qui les contenaient au Crétacé franc.

Les choses sont telles que, dans les régions des Pyrénées occidentales que nous avons en vue, on peut marquer très nettement la limite entre le franc Crétacé et le Danien, dont témoignent cette disparition ou régression des Rosalines et l'apparition des sphères fibreuses.

On ne peut en faire autant entre le Danien et l'Éocène; du Danien à l'Éocène, il y a persistance de la constitution des calcaires, à cela près, avons-nous dit, qu'ils se chargent de Radiolaires, mais ce n'est pas un fait qui puisse être pris en considération car, ailleurs, vers Pau, des calcaires séno-

(¹) Cette boue à Globigérines, draguée à une profondeur de 1990 brasses, est le résultat de la chute d'organismes planctoniques. Murray et Renard y ont bien vu les organismes que nous appelons « sphères fibreuses » mais ils les prenaient pour des loges initiales de Globigérines. Il n'y a pas de confusion à faire. Les loges des Globigérines, même les plus petites, présentent un phénomène de polarisation continu tandis qu'est discontinu celui que présentent les sphères fibreuses. Les « Orbulines » classiques sont beaucoup plus grosses.

niens à Globigérines et Rosalines sont déjà eux aussi « à Radiolaires ».

Dans l'un et l'autre cas il y a simplement mélange de deux planctons, l'un de Foraminifères, l'autre de Radiolaires.

Si nous nous en tenions à la considérations des dépôts du flysch crétacé et éocène, nous dirions volontiers qu'à la fin du Sénonien les temps sont « révolus ». Le Danien marque l'aurore d'une nouvelle ère qui plus tard, dans le cours de ce qu'on nomme l'Eocène, aura ses dépôts caractérisés par des Nummulites.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur les massifs exotiques de Sulens et des Annes* (Haute-Savoie). Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Émile Haug.

Des recherches de détail commencées dans le grand synclinal de Serraval-le-Reposoir et particulièrement dirigées cette année vers les montagnes de Sulens et des Annes, m'amènent à exposer, dès maintenant, quelques résultats intéressants [1].

Massif de Sulens. — On y distingue tout d'abord une *masse axiale triasique et liasique*, c'est la montagne de Sulens proprement dite, qui peut être considérée comme un synclinal de Trias et de Lias calcaire avec noyau de Lias schisteux. La bordure occidentale du massif montre une charnière anticlinale triasique rompue, dont le flanc inverse laminé (Lias calcaire et schisteux) est bien visible au-dessus de la Frasse.

Autour de ce premier ensemble et émergeant des éboulis, ou du Flysch, peuvent s'étudier deux auréoles concentriques de terrains mésozoïques et tertiaire (É. Haug et M. Lugeon). La première de ces auréoles, ou *auréole interne*, est formée de lames de Malm et de Crétacé supérieur, entre lesquelles s'insinuent des conglomérats éocènes, parfois très puissants (Plan Bois, Le Bouchet, Roche-Vieille, Plan du Tour).

L'auréole externe, la plus importante comme continuité des affleurements, comprend une série de lames de Malm déterminant des barres, séparées par des dépressions d'Oxfordien, de Néocomien (N. à Céphalopodes), de Berriasien [2]. On peut presque la définir une succession d'écailles en séries normales sans flancs inverses renversés.

---

(1) On doit à MM. Haug et Lugeon deux Notes fondamentales sur la région : *Note préliminaire sur la géologie de la montagne de Sulens et de son soubassement* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 2e série, t. 3, 1897, p. 246-261) et *Région des Annes* (*B. S. G. Géol. Fr.*, t. 13, p. 136-139. Révision de la feuille d'Annecy, Campagne de 1902).

(2) Je n'ai trouvé de Crétacé supérieur, entre ces lames, qu'au-dessus de Marlens.

Cette auréole est emballée entre deux coussins de Flysch, assez semblable au Flysch autochtone, mais s'en distinguant par l'existence de bancs de micro-brèches et de calcaires à Lithothamnies et petites Nummulites, dans lesquels j'ai pu recueillir de nombreuses Orthophragmines. Ces formations fossilifères, que l'on doit par conséquent attribuer à l'Éocène, sont très développées le long de la route de Saint-Ferréol à Serraval, où elles se montrent constamment séparées du Flysch autochtone oligocène par des lits de brèches broyées. On peut donc considérer le Flysch qui les contient comme soudé à la masse des écailles et, comme elle, exotique.

Le coussin supérieur de Flysch (au sommet duquel sont engagées les écailles de l'auréole interne) renferme des bancs analogues, également fossilifères, non loin de la Côte de Marlens et à Befort.

Massif des Annes. — La masse triasico-liasique y est beaucoup plus importante qu'à Sulens, elle est également ployée en charnière synclinale (montagne d'Auferrand et d'Almet) dont le noyau atteint ici le Dogger. La montagne de Lachat-Châtillon est une grande dalle de même nature, venant se raccorder à l'anticlinal de la crête d'Auferrand, mais quelque peu abaissée par une faille entre la Clef des Annes et la Molaterie. Tout le soubassement du massif est serti par le système d'écailles qui, à Sulens, constitue l'auréole interne (col de la Colombière, chalets d'Auferrand, la Touvière, la Caronnière, Sommier, col des Annes, la Sonnerie, la Duche, le Char, la Mouille, etc.). Le système des écailles inférieures (auréole externe de Sulens) n'existe pas aux Annes.

Tout indique que les masses triasiques et liasiques des Annes et de Sulens doivent être rattachées à la nappe des Préalpes médianes. L'auréole externe de Sulens rappelle, dans tous ses traits, le style tectonique et les faciès des Préalpes bordières.

Quant à l'auréole interne de Sulens, seule représentée dans le socle des Annes, sa constitution est plus complexe (1).

Elle comprend, à la base, du Flysch à faciès Préalpes bordières et, au sommet, des intercalations de lames de Malm, de Crétacé supérieur à affinités préalpines et surtout des *conglomérats éocènes identiques à ceux du Flysch de la nappe du Niesen*. Ces lames, ou plus exactement ces lentilles, sont souvent très écrasées, morcelées; elles sont empilées ou séparées et alors se relaient les unes les autres au hasard.

Les conglomérats quartzeux qui s'y rencontrent égrenés en blocs plus ou moins importants sur tout le pourtour des massifs étudiés m'ont presque partout

(1) Une course au Môle m'a permis de constater entre les collines du Faucigny (Préalpes bordières) et la nappe triasique (Préalpes médianes) l'existence de « couches rouges » associées à des brèches nummulitiques polygéniques.

fourni de grandes Nummulites (notamment au N-E des chalets de Cuillerie, où elles abondent), les galets cristallins y sont fréquents et associés à des morceaux divers de Trias, de Lias ou même de « couches rouges ».

Le Crétacé supérieur y affecte trois faciès, un faciès *couches rouges* (Préalpes médianes); surtout localisé sur la bordure nord de la chaîne d'Auferrand et paraissant lié à la nappe liasique, un faciès de *calcaires fins jaune verdâtre*, riches en Globigérénidés (Sénonien), enfin un faciès *de calcaire gris tacheté de noir*, également riche en Foraminifères et rappelant le Turonien des Préalpes bordières (É. Gagnebin). Ces deux derniers faciès forment des lentilles, intercalées dans les conglomérats éocènes ou isolées dans le Flysch sous-jacent (La Touvière, La Caronnière).

Le Malm (?) *de ce complexe d'écailles est parfois très énigmatique, son faciès évoque alors immédiatement la brèche supérieure du Chablais, ou encore le « Flysch calcaire » d'Autapie.* Il constitue l'importante écaille qui domine la Colombière et qui est enserrée entre des lames de « couches rouges » et de brèches nummulitiques. On y observe des alternances de microbrèches calcaires avec Bélemnites non roulées, de calcaires gris ou verdâtres schistoïdes, de calcaires compacts à Bélemnites, de calcaires à zones siliceuses. De tels lambeaux existent encore, toujours au même niveau, à Maroly, au col des Annes, à la Duche, enfin à Sulens, où ils forment les parois orientales de Roche-Vieille et de Pesière. Ce terrain nécessite de nouvelles recherches.

En résumé, on voit donc que les deux massifs exotiques des Annes et de Sulens, isolés sur le Flysch autochtone du grand synclinal de Serraval-le-Reposoir, sont formés par un empilement de morceaux de nappes pouvant être homologués avec les trois grandes entités tectoniques des Préalpes médianes, de la nappe du Flysch du Niesen, des Préalpes bordières.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation de la vitesse du vent avec l'altitude, au voisinage du sol.* Note (¹) de MM. **E. Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. Rateau.

Au cours de nos recherches sur la propagation de la structure intime du vent, nous avons été amenés à comparer les indications de deux anémomètres électromagnétiques dont l'un était maintenu fixe à 2^m de la surface terrestre, tandis que l'autre occupait successivement divers points situés

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

sur la même verticale à différentes hauteurs comprises entre $0^m,50$ et $30^m,50$.

A cet effet, nous avons imaginé plusieurs dispositifs permettant d'enlever le second anémomètre en troublant aussi peu que possible le courant aérien. Le problème est assez délicat, car il faut obtenir une fixité et une horizontalité assez parfaite du système anémométrique. Nous sommes parvenus à obtenir des résultats précis en utilisant des mâts d'une dizaine de mètres de hauteur. L'anémomètre destiné à sonder l'atmosphère était attaché à une corde qui passait sur une poulie supportée par une potence surmontant le mât.

Cette poulie servait à hisser l'anémomètre aux diverses altitudes en même temps qu'un support qui prenait appui sur le mât et assurait la fixité et l'orientation de l'appareil.

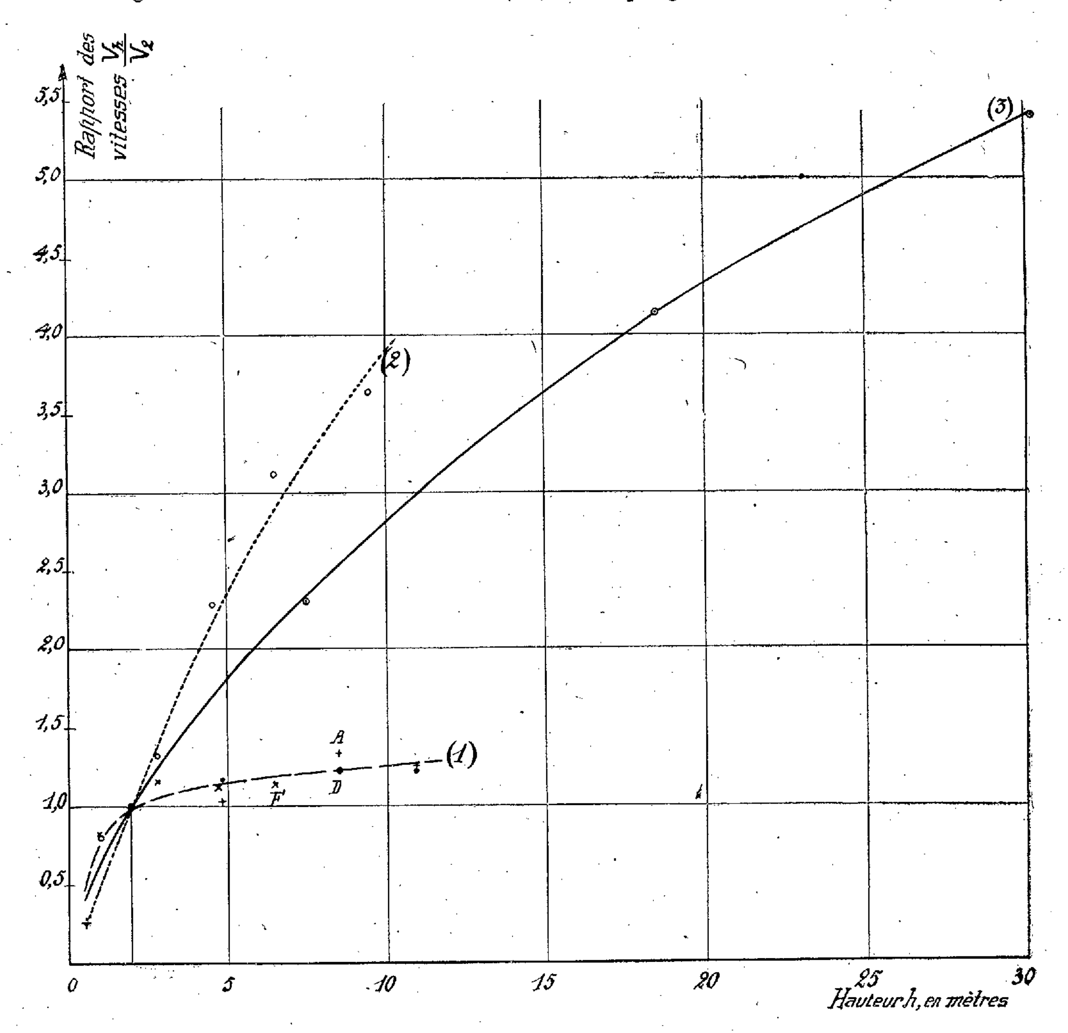
Un anémomètre orientable a été fixé aussi à l'extrémité d'un mât démontable en quatre parties que l'on superposait pour atteindre la hauteur désirée. Un système de trois haubans attachés au sommet du mât et en trois points du sol formant un triangle équilatéral maintenait l'ensemble rigide. Pour aller plus haut, nous avons conservé notre système de trois haubans que nous avons raidi avec un ballon de 4^m de diamètre. L'anémomètre mobile, suspendu au point commun aux trois haubans et au câble de traction du ballon était orienté par une girouette et tenu vertical par le fil transmettant le courant de l'anémomètre à l'appareil enregistreur. On faisait varier la hauteur en modifiant de la même façon la longueur des trois haubans. Enfin, afin d'empêcher le ballon de se coucher sous l'action du vent, on le retenait sur la verticale de l'anémomètre à l'aide de deux fils fixés l'un au-dessus, l'autre au-dessous du ballon et amarrés à une grande distance en avant de la pyramide des haubans, du côté d'où soufflait le vent. Ce dispositif présente l'avantage de pouvoir être employé indifféremment sur le sol ou en mer peu profonde.

Les expériences ont été effectuées au voisinage de l'île de Ré et sur le plateau de Saint-Inglevert. Dans les deux régions, les anénomètres ont été placés au-dessus d'une surface découverte, plate et horizontale, puis en avant ou en arrière d'obstacles. Nous avons comparé 200 enregistrements simultanés fournis par les deux anémomètres. Cette comparaison a permis, malgré les fluctuations de la vitesse du vent, d'établir le rapport de la vitesse moyenne en altitude à la vitesse moyenne au sol.

Les courbes de la figure ont été obtenues en portant en abscisses l'altitude atteinte par l'anémomètre mobile et en ordonnées le rapport de la

vitesse moyenne indiquée par cet appareil à celle fournie par l'anémomètre fixe placé à 2^m du sol.

La courbe (1) a été tracée en utilisant trois séries de mesures dont deux, A et D, ont été effectuées à Saint-Inglevert par vent d'E, sur un terrain plat de très grande étendue et la troisième, F, sur la plage de la Couarde (île de Ré),



recouverte par la marée montante, par vent d'W-NW soufflant parallèlement à la côte sans avoir rencontré d'obstacles. On voit que tous les points se groupent près de cette courbe (1), laquelle indique qu'après une croissance rapide du vent de o à 2^m de hauteur, l'augmentation de la vitesse devient ensuite beaucoup plus lente.

La courbe (2) obtenue à la Couarde avec un vent d'W-SW soufflant du large perpendiculairement à la côte, la mer atteignant le pied du mât, montre l'influence des vagues et surtout d'un obstacle placé en arrière des anémomètres. Ce dernier était constitué par une dune de 5^m de hauteur située à 15^m en arrière du mât. On se rend compte qu'ici l'accroissement de la vitesse du vent est beaucoup plus lent au début, mais qu'il reste, par contre, très grand encore à 10^m au-dessus de la mer.

La courbe (3) est relative à un vent d'E-SE enregistré à Saint-Inglevert à 100^m en arrière d'un groupe d'obstacles importants représentés par de grands hangars d'aviation. Les mesures poussées jusqu'à 30^m d'altitude ont montré que, dans ce cas encore, l'augmentation de la vitesse est assez lente, mais se poursuit jusqu'à la hauteur la plus élevée atteinte, tout en conservant presque partout la même importance.

L'ensemble de ces recherches expérimentales prouve que la variation de la vitesse du vent avec l'altitude au voisinage du sol est très différente selon que le vent rencontre ou non des obstacles et dépend, par conséquent, essentiellement des dimensions des obstacles placés à la surface de la Terre. En mesurant les altitudes en fonction des dimensions des obstacles rencontrés par le vent, il est possible de ramener les courbes (1), (2), (3) de la figure à une seule, ce qui conduirait à donner une loi générale de la variation de la vitesse du vent avec l'altitude.

Nous avons cherché aussi à vérifier si l'atmosphère pouvait être considérée comme formée de couches horizontales superposées et présentant des vitesses croissantes du sol en altitude. Nous avons comparé dans des enregistrements simultanés, fournis par les dispositifs précédemment décrits, les tracés donnés par le passage d'une même perturbation. Nous avons constaté que ces tracés montraient le plus souvent des rafales concordantes à 10^m de dénivellation, avec de légers retards au sol, mais quelquefois les inscriptions données par certaines rafales étaient de sens inverse, indiquant ainsi qu'à un accroissement de vitesse au ras du sol correspondait une diminution de vitesse en altitude ou inversement, ce qui semble ne pouvoir s'expliquer que par l'existence de tourbillons à axe horizontal perpendiculaire à la direction du vent et dont le diamètre serait de l'ordre de 10 à 15^m.

SISMOLOGIE. — *Sur les séismes du 10 juillet et du 19 novembre 1923 dans les Pyrénées.* Note de MM. **E. Rothé** et **C. Bois**, présentée par M. Bigourdan.

Le séisme du 10 juillet 1923 dans les Pyrénées a donné lieu à de belles inscriptions dans la plupart des observatoires. L'arrivée des ondes primaires a été assez nette pour permettre une bonne détermination de l'épicentre et une comparaison avec celle qui a été faite d'après les études macrosismiques. D'après Rey Pastor (¹), l'épicentre se trouve dans le canal de Berdún, haute vallée de l'Aragon (coordonnées 42°32′ N et 50′ W de G.). Cet auteur donne des indications sur la tectonique de la région.

De Jaca (province d'Huesca) à Tiermas (province de Saragosse), cette vallée du haut Aragon semble une tranchée artificielle comprise entre deux failles parallèles à l'axe des Pyrénées. Une troisième faille coupe les deux premières presque perpendiculairement, à l'O de Berdún, passant entre Mianos et Martes à égale distance de ces deux localités. L'épicentre est situé entre les deux premières failles, près de leur intersection avec la troisième.

Le tableau ci-après contient les heures d'arrivée des ondes P dans les diverses stations, dont les distances à l'épicentre ont été calculées d'après la formule bien connue de la trigonométrie sphérique. Dans la troisième colonne figurent les différences entre les heures observées et les heures calculées, en adoptant pour heure origine $5^h31^m12^s$, heure déterminée d'après les données de Toledo. Pour les stations les plus voisines (première partie du tableau) les différences sont faibles. Pour les stations plus éloignées et pour celles où les impulsions initiales ne correspondent pas à des impetus (deuxième partie du tableau), les différences sont naturellement plus grandes ; on peut donc considérer qu'il y a un accord suffisant entre la détermination macrosismique et les valeurs connues des vitesses de propagation.

(¹) Alfonso Rey Pastor, *Fenomenos sismicos en la « Canal de Berdun »* 1923 (*Boletin de la Real Societad Española de Historia Natural*, t. 24, 1924, p. 79-95).

Stations.	Distances.	Heures de début.	Différences.	Compression ou dilatation
	km	h m s		
Tortosa..........	215	5.31.46	o	Compression
Barcelone...........	275	56	+1	Compression
Toledo..............	392	32.07	o	Compression
Granada.............	640	41	—2	Compression
Alger...............	643	51	—6	Compression*
Paris...............	682	51	—2	Dilatation*
Coimbra.............	684	48	+2	Compression*
San-Fernando........	862	33.02	+5	
Zurich..............	913	14	o	
Uccle...............	1010	21	+5	Dilatation
Strasbourg..........	1023	20	+7	Dilatation
De Bilt.............	1117	41	—1	Dilatation
Oxford..............	922	5.33.28	—13	
Rocca di Papa........	1118	41	—1	
Beograd.............	1725	35.02	—6	
Lemberg.............	2074	35.30	+5	Dilatation*
Pulkovo.............	2849	36.40	+22	
Ekatérinbourg........	4539	39.01	+11	Dilatation

Il était intéressant de rechercher quel a été le sens du premier mouvement dans les différentes stations. Celles qui ont obtenu des inscriptions sur les appareils verticaux (Uccle, de Bilt, Strasbourg) indiquent sans ambiguïté une dilatation. Pour les autres stations on a cherché le sens d'élongation pour les composantes horizontales. Ces sens ont été suffisamment nets sauf pour les stations marquées d'un astérisque, pour lesquelles il peut subsister un doute : sur les sismogrammes en effet, avant une impulsion notable, on observe une émersion très faible, en sorte qu'on ne peut préciser d'une façon absolument certaine le début exact du phénomène. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessus. Il est regrettable que les appareils Galitzine ne soient pas plus répandus, de façon à permettre une étude plus complète de l'azimut. Les résultats généraux de la répartition des dilatations et compressions peuvent se résumer ainsi.

Au nord des Pyrénées dilatation, au sud compression. Il semble qu'il y ait eu un mouvement vers le SSW, *comprimant les couches successives tandis qu'il se faisait un appel dans les régions* NNE. *On peut interpréter ce résultat en faisant l'hypothèse que c'est l'une des failles parallèles aux Pyrénées qui a joué dans un sens sensiblement perpendiculaire à sa direction moyenne.*

On trouve là un exemple de l'intérêt que présenterait l'indication des

compressions et dilatations dans les Bulletins sismologiques de tous les observatoires. La comparaison de toutes ces données pourrait conduire à une analyse plus complète du déclenchement sismique.

Le séisme du 19 novembre 1923 s'est produit dans une région différente. L'épicentre est situé dans la Maladetta (région de Vielle, dont les coordonnées sont 42°42′N et 50′E). Il eût été intéressant de répéter le même travail pour le deuxième séisme, mais les divers observatoires n'ont inscrit que des émersions peu nettes, souvent compliquées par l'agitation microsismique. La secousse, ressentie très loin en France, n'a pas donné lieu à des impetus; il est donc impossible d'indiquer la répartition des compressions et dilatations. Par contre notre attention a été attirée sur les phases principales, encore peu étudiées au point de vue de la propagation : il faudrait disposer d'appareils sensibles à courte distance l'un de l'autre, permettant de reconnaître, avec sûreté, les ondes qui se correspondent. C'est précisément le cas pour les stations d'Uccle et de Bilt, distantes de 160^{km}. Les maximums principaux inscrits le 10 juillet à Uccle, à 5^{h}37^{m}19^s, et à de Bilt, à 5^{h}38^{m}29^s, et le 19 novembre à Uccle, à 3^{h}59^{m}32^s, et à de Bilt, à 4^{h}00^{m}37^s, semblent bien se correspondre exactement, tant par leur forme que par le sens des différents composants. La vitesse de propagation de l'onde correspondante entre Uccle et de Bilt serait alors d'environ 1,4 km : sec, vitesse beaucoup plus faible que celle attribuée en général aux ondes de Rayleigh. Il semble qu'il s'agit ici d'une propagation dans des couches particulièrement de la lithosphère, hypothèse que nous avons déjà envisagée à propos de la propagation des zones d'explosion. Une étude plus approfondie de cette phase maximum pourrait peut-être éclairer d'un jour nouveau l'origine de cette phase et son mode de production.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la quantité de la chlorophylle chez les algues marines.* Note (¹) de M. V. **Lubimenko**, présentée par M. M. Molliard.

Dans mes travaux antérieurs j'ai montré que la quantité de la chlorophylle, c'est-à-dire la concentration du pigment dans les chloroplastes, présente un caractère héréditaire. Suivant les conditions du milieu, la quantité de la chlorophylle dans les feuilles de plantes appartenant à une même espèce peut varier, mais la quantité maxima qu'on obtient dans les conditions les plus favorables de la croissance reste constante pour chaque

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

espèce donnée. C'est pourquoi on peut distinguer par la nature de leurs caractères héréditaires des espèces riches et des espèces pauvres en chlorophylle.

J'ai déterminé la quantité de pigment par la méthode spectrocolorimétrique en comparant les solutions des chlorophyllides cristallisées aux extraits alcooliques des feuilles fraîches. Grâce à un spectrocolorimètre spécialement construit dans ce but j'ai pu mesurer avec une grande précision la quantité de chlorophylle absolue et la calculer pour l'unité de poids frais ou sec ou, enfin, pour l'unité de la surface des feuilles.

Les analyses de 600 espèces de plantes prises aux différentes latitudes géographiques ont montré que chez les plantes supérieures la quantité de chlorophylle oscille entre $0^g,8$ et $7^g,9$ pour 1^{kg} de poids frais des feuilles. La plus grande quantité de chlorophylle a été constatée chez les espèces tropicales adaptées à un faible éclairement.

Ce résultat a confirmé la conclusion que j'ai formulée dans mes recherches physiologiques sur les plantes adaptées à l'ombre et au soleil. L'adaptation à un faible éclairement est suivie par une forte accumulation de la chlorophylle dans les plastes. A ce point de vue il était intéressant d'étudier les algues marines et surtout les espèces qui habitent à de grandes profondeurs.

Dans ce but j'ai déterminé la quantité de chlorophylle chez quelques espèces d'algues de la mer Noire récoltées aux environs de Yalta et de Sébastopol. Dans le tableau ci-contre sont donnés les résultats obtenus. Afin de faciliter la comparaison avec les plantes supérieures j'ai déterminé en même temps la quantité de chlorophylle dans les feuilles d'*Ailanthus glandulosa*, une des espèces les plus riches en chlorophylle en Crimée, ainsi que dans les feuilles du *Zostera marina*, qu'on trouve souvent ensemble avec les algues rouges.

Comme on le voit par les chiffres du tableau, la quantité de chlorophylle est très petite chez les algues marines par comparaison aux plantes supérieures et même à celles qui croissent sous l'eau aux mêmes conditions d'éclairement.

On peut supposer que chez les algues rouges la chlorophylle est en partie remplacée par la phycoérythrine qui, par ces qualités optiques, correspond mieux à l'éclairement sous l'eau. A partir d'une profondeur où tous les rayons rouges sont absorbés, la phycoérythrine pourrait remplacer la chlorophylle entièrement. Si cette supposition est exacte, la quantité de chlorophylle chez ces algues doit augmenter avec la diminution de la

profondeur. Or, nos analyses montrent que le *Laurentia Coronopus*, qui habite tout près de la surface de l'eau, renferme la quantité minima de chlorophylle, tandis que le *Phyllophora rubens*, une algue des eaux profondes, est beaucoup plus riche en ce pigment. D'autre part, le *Phyllophora*, pris à différentes profondeurs, ne manifeste pas de grandes variations dans le contenu en chlorophylle.

	Quantités de la substance sèche en % du poids frais.	Quantités de chlorophylle pour 1kg de poids frais.		pour 1g de poids sec.	
		g	%	g	%
Ailanthus glandulosa	35,2	4,60	100	0,0131	100
Zostera marina	22,0	2,93	66	0,0133	101
Chlorophyceæ :					
Codium tomentosum Stackh	10,6	0,35	7,5	0,0032	24
Ulva Lactuca Le Jol. var. *rigida* Woronich	32,3	0,69	15	0,0021	16
Phæophyceæ :					
Padina Pavonia Lamour	23,0	0,59	13	0,0026	20
Cystoseira flaccida Kütz	20,6	0,49	11	0,0024	18
Dictyota fasciola Lamour	22,8	0,28	6	0,0013	10
Rhodophyceæ :					
Phyllophora rubens Grev. var. *nervosa* Hanch :					
prise de 19m,5	24,3	0,37	8	0,0015	11
» 48m,0	»	0,24	5	0,0009	7
» 55m,0	»	0,32	7	0,0013	10
Laurentia Coronopus J. Ag	23,3	0,08	2	0,0003	2,4

On pourrait supposer aussi chez les algues brunes le remplacement partiel de la chlorophylle par les pigments complémentaires quoique l'existence de ces pigments n'ait pas encore été constatée; mais cette hypothèse ne s'applique pas aux algues vertes, dépourvues des pigments complémentaires.

J'ai démontré par mes recherches antérieures que l'énergie de la photosynthèse n'est pas proportionnelle à la concentration de la chlorophylle dans les plastes et que les jeunes feuilles avec une faible concentration de pigment assimilent, pour l'unité de poids de pigment, plus énergiquement que les feuilles adultes. Cette conclusion a été confirmée par les nouvelles recherches de M. Willstätter. On pourrait donc supposer que les algues marines présentent un type biologique de plantes utilisant mieux l'énergie lumineuse que les plantes supérieures.

Or, d'après les résultats de mes expériences et celles de M. Willstätter, il faut penser que l'avantage de la faible concentration de la chlorophylle ne se manifeste qu'à une lumière très forte du Soleil, ce qui n'a pas d'importance biologique pour les algues qui doivent utiliser la lumière, affaiblie par une couche d'eau, parfois très grande.

La faible concentration de la chlorophylle dans les tissus chlorophylliens doit être alors considérée comme un caractère spécifique des algues, ce qui donne à penser que le chimisme de la photosynthèse chez ces plantes présente peut-être des particularités spécifiques qu'on ne trouve pas chez les plantes supérieures.

BOTANIQUE. — *Le problème écologique pour l'*Hypnum triquetrum *L.* Note de M. L. **Plantefol**, présentée par M. M. Molliard.

L'écologie des mousses aériennes est dominée par la reviviscence. Les végétaux supérieurs, fournis d'eau par leurs racines, compensent, grâce à l'eau du sol, celle qu'ils perdent dans l'atmosphère. Une mousse, telle que l'*Hypnum triquetrum*, indépendante du sol pour l'approvisionnement en eau, est, parce que plante aérienne, exposée à se dessécher; pour elle, il est nécessaire de se trouver sans dommage à des états d'hydratation variables. Mais cette variation retentit sur les manifestations de la vie, sur la croissance en particulier; à la limite, la vie cesse; la distribution géographique de la mousse doit donc dépendre de son régime d'hydratation, lui-même subordonné aux conditions météorologiques. Cette dépendance, dont j'ai fait l'étude dans un cas précis, est le problème essentiel de l'écologie de la mousse.

J'ai choisi comme objet l'*Hypnum triquetrum*, espèce mésophytique, à développement et taille variables. La majorité des déterminations a porté sur une des rares stations qu'il présente, dans les dunes, à Royan, et qui peut être considérée comme lui offrant les conditions les plus rigoureuses qu'il puisse supporter.

I. *Teneur en eau et charge aqueuse.* — Les déterminations de teneur en eau sont faites sur échantillons prélevés par conditions météorologiques diverses et placés dans un exsiccateur à acide sulfurique. Les valeurs expérimentales subissent une correction correspondant à l'eau résiduelle non retirée par ce mode de dessiccation.

Par jours de pluie, les mousses sont mouillées et maintiennent de l'eau

par capillarité. Les valeurs les plus fortes atteignent alors 1100 d'eau pour 100 sècs, tandis que, après essorage, protoplasme et membrane restant saturés d'eau, la mousse ne contient guère que 300 d'eau pour 100 secs. L'eau en excès correspond à ce que la mousse, du fait de sa forme, en retient hors de ses tissus : c'est une surcharge aqueuse; bien qu'extérieure au végétal, elle ne présente pas moins un intérêt biologique considérable, soit qu'elle joue le rôle de réserve externe, soit qu'elle empêche momentanément l'évaporation de l'eau cellulaire, c'est-à-dire la dessiccation de la mousse. J'appelle *charge aqueuse* le poids global d'eau contenu dans l'échantillon, rapporté à 100 parties sèches.

II. *Limites extrêmes de la charge aqueuse.* — Pour l'*Hypnum triquetrum*, en août et septembre, les valeurs trouvées sont comprises entre 19,7 et 1109 d'eau, charges observées, l'une par jour très sec, l'autre pendant la pluie.

III. *Causes des variations.* — Elles sont dues aux facteurs météorologiques; la charge aqueuse peut être augmentée suivant trois modes absolument différents : par la pluie, la rosée, l'augmentation de l'humidité relative de l'atmosphère; elle est diminuée par l'action du soleil, du vent, l'abaissement de l'humidité relative.

A. *Prise de l'eau par la mousse : a. Pluie.* — La charge aqueuse de la mousse dépend de la masse précipitée, mais se trouve bientôt limitée (1100 environ) par la conformation même de la mousse.

b. Rosée. — Alors qu'au voisinage de l'*Hypnum* elle se dépose en gouttelettes, elle est au contraire absorbée par la mousse dont la surface demeure sèche; la teneur en eau qui était de 32,8 remonte à 96,9 pendant une rosée légère. La mousse saturée d'eau, des gouttelettes se forment à sa surface.

c. Vapeur. — Les mousses peuvent fixer directement de la vapeur d'eau. C'est là une notion devenue classique, quoique fondée sur de simples déductions. J'en ai vérifié l'exactitude : de la teneur en eau de 19,7, l'*Hypnum* passe, sans le moindre dépôt de rosée dans son voisinage, à celle de 29. Ces variations sont de faible amplitude; l'absorption se produit seulement quand la tension de vapeur d'eau pour la mousse est plus faible que la tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

B. *Abandon de l'eau par la mousse.* — La mousse ne retient pas longtemps l'eau dont elle s'est ainsi chargée. L'action particulière à chacun des facteurs qui règlent la dessiccation ne peut être isolée; le plus important semble le déficit de saturation : 7 heures après la pluie, pour un déficit

de 3^{mm} Hg, la teneur en eau est en moyenne 200; pour un déficit de $5^{mm},2$ à $7^{mm},7$ Hg, elle est de 30 à 40.

IV. *Régime biologique de* l'Hypnum *en août et septembre dans la station considérée.* — C'est exceptionnellement, pendant les pluies et quelques heures après, qu'il a atteint une teneur d'au moins 100 d'eau pour 100 secs. Même par période de mauvais temps, des valeurs inférieures sont fréquentes, tant la dessiccation est rapide.

Dans les périodes de beau temps, la teneur en eau est encore beaucoup plus faible; elle baisse vers le soir jusqu'à 20 à 30 en août, 30 à 40 en septembre. Les valeurs obtenues le matin peuvent s'élever jusqu'à 100 d'eau pour 100 secs du fait de la rosée, plus abondante d'ailleurs en septembre qu'en août.

Si l'on prend la respiration comme témoin de la vie active, on voit, d'après le résultat de précédentes recherches, que, pendant la période et pour la station considérées, la vie manifestée de l'*Hypnum triquetrum* est rare et intermittente. Ce sont là, sans doute, les conditions les plus dures de l'année et les mois pendant lesquels l'eau agit le plus comme facteur écologique sur l'espèce considérée.

V. *Conséquences écologiques.* — Il doit y avoir une relation entre l'extension limitée de l'*Hypnum triquetrum* dans les bois des dunes et la rigueur des conditions biologiques que l'on vient de voir; c'est dans des cas aussi simples que l'on peut le mieux mettre en évidence le rôle écologique de l'eau. Avec une mousse, l'eau du sol n'intervenant pas, on a dans la croissance une réponse directe à l'action de l'eau atmosphérique. Dans la région des dunes, où le sol a une composition uniforme, où les conditions d'exposition peuvent être choisies identiques pour deux stations que l'on compare, on voit facilement que l'établissement et le développement de l'*Hypnum triquetrum* est entièrement explicable par des caractères hygrométriques locaux. J'ai considéré la station étudiée comme offrant les conditions minimales pour cette espèce. Là où les conditions sont plus rigoureuses, l'*Hypnum triquetrum* ne croît plus; on trouve encore le *Dicranum scoparium* par exemple, mais sa teneur en eau tombe à des valeurs plus basses que dans la station-type. D'autre part, j'ai rencontré l'*Hypnum triquetrum* croissant avec luxuriance sur les dunes, à la lisière des bois tournés vers l'intérieur des terres. Les teneurs en eau des échantillons étaient plus fortes qu'à la station-type. J'ai vérifié que le voisinage de vallées humides détermine là, parfois, une élévation du degré hygrométrique de l'air,

diminuant l'évaporation et favorisant la formation de rosée et l'absorption directe de vapeur d'eau par la mousse.

Ainsi on peut, pour le cas précis d'un végétal dont les emprunts d'eau au sol sont insignifiants, mettre en évidence le rôle et les moyens d'action du facteur biologique qui règle la distribution géographique de cette espèce, à savoir l'eau de l'atmosphère.

CYTOLOGIE. — *Observation sur les cellules sphéruleuses à corps réfringent des Enchytræides (Oligochètes). Ressemblances avec les formations myéliniques.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Le genre *Enchytræus*, outre la particularité de posséder des spermathèques qui communiquent largement avec le tube digestif antérieur, montre encore une autre singularité, la présence d'un corps réfringent énigmatique dans un nombre élevé de ses leucocytes. Ce corps a été découvert par Goodrich (1) chez *E. hortensis;* j'en reprends aujourd'hui l'étude sur une espèce différente que je n'ai pu déterminer jusqu'à présent.

Le corps réfringent ne se rencontre que dans une catégorie de leucocytes, au reste de beaucoup la plus nombreuse, celle des cellules sphéruleuses. Ces éléments qui ne sont pas sans ressemblance avec les cellules sphéruleuses des Phascolosomes, renferment, outre le noyau, un très délicat réticulum hyaloplasmique dans les mailles duquel se trouvent inclus les sphérules, de nature albuminoïde. Sur le vivant, chaque sphérule montre toujours à son intérieur un granule n'ayant pas les mêmes propriétés optiques qu'elle. Le rouge neutre, en coloration vitale, se fixe énergiquement sur le grain, mais sans virer et ne colore pas la sphérule; il en est même pour le bleu de crésyle. Après fixation aux vapeurs osmiques sur frottis, les panoptiques teignent la sphérule en violet, le réticulum hyaloplasmique en bleu pâle et le grain intérieur en bleu si pâle qu'on pourrait le croire disparu. Après une même fixation osmiquée, le bleu de Unna colore les sphérules en violet, mais faiblement; au contraire, le granule intrasphérulaire se colore fortement en bleu violacé. Comme on le voit, les sphérules ne sont pas homogènes, mais formées en réalité de deux substances que différencient suffisamment les quelques réactions précédentes, celle du granule et la leur.

(1) E.-S. Goodrich, *Notes on Oligochaetes* (*Quart. Jl. of micr. Sc.*, vol. 39, 1897, p. 51).

L'observation, dans certaines cellules, de sphérules de petite taille, c'est-à-dire nouvellement constituées, montre déjà un granule en eux; il semble donc que ce dernier est indispensable à leur croissance et peut-être même qu'il est leur noyau formateur, la concrétion initiale autour de laquelle se dépose ensuite leur substance propre. Le fait qu'on le trouve dans toutes les sphérules sans exception et qu'on peut l'observer sur le vivant me paraît digne d'attention.

Au stade le plus jeune, le corps réfringent est une sorte de disque épais, avec le noyau cellulaire aplati contre lui. Il se trouve alors dans une petite cellule piriforme ou en raquette, attachée à l'endothélium par un mince pédicule. Elle montre une fort petite quantité de cytoplasme refoulé du côté du pédicule, avec quelques granules, pas encore de sphérules, et le corps réfringent en occupe plus des trois quarts. Des sphérules apparaissent, d'abord en petit nombre, et la cellule s'accroît du côté du pédicule, en prenant peu à peu la forme d'un cône très oblique dont la base répond à la présence du corps réfringent devenu maintenant une sorte d'anneau très épais, grâce à une faible ouverture apparue en son milieu. Puis, le leucocyte suspendu tend à s'aplatir et il s'accroît par l'addition de nouvelles sphérules. A ce stade, généralement, il se détache et roule dans le liquide cœlomique; le corps réfringent se présente alors comme un anneau de grande taille, déformable, quelquefois tordu sur lui-même en huit de chiffre. Plus tard encore, il prend un aspect nématoïde et gît comme un embryon de nématode dans la masse des sphérules. Enfin, bien que je ne puisse dire comment, il disparaît, car les plus grandes cellules n'en renferment pas. Le corps réfringent est nettement achromatique; je n'ai pu d'autre part le fixer de façon convenable; j'ignore si sa substance entre pour une part quelconque dans la production des sphérules. Il importe d'ajouter que, si toutes les cellules sphéruleuses semblent bien, à leur début, renfermer un corps réfringent, celui-ci peut s'effacer de bonne heure. On voit en effet de jeunes éléments, déjà aplatis, encore suspendus, qui n'en contiennent plus; peut-être ce corps peut-il réapparaître selon les circonstances. Celui des leucocytes de l'espèce de Goodrich ne présente pas ces formes en anneau et nématoïdes. Si des différences aussi visibles existaient pour les autres espèces, le corps réfringent pourrait servir heureusement à la détermination spécifique.

Quand les cellules sphéruleuses entrent au contact d'un liquide hypotonique, le corps réfringent subit les transformations suivantes : 1° Il garde encore la forme d'un anneau, mais il prend un aspect fibrillaire comme s'il

était un écheveau de filaments en train de se desserrer ; il est alors identique aux inclusions des linocytes des Acanthodrilides et des Glycères. 2° On en voit surgir un filament grêle formant des boucles nombreuses qui s'accumulent les unes au-dessus des autres, sorte de pelote en désordre dont le fil aurait le pouvoir de se tordre et de s'emmêler sous les yeux de l'observateur. De nombreuses boucles ressemblent à s'y méprendre aux curieuses expansions membraniformes, limitées par un bourrelet filamenteux, de certains leucocytes. 3° Quelques boucles s'allongent beaucoup, en s'épaississant, tandis que le reste diminue ; les deux branches de ces boucles élancées et si nettes sont rigoureusement parallèles et peuvent se rapprocher sans s'accoler. 4° Enfin, l'une des boucles prend le dessus sur les autres qui décroissent à mesure, et celle-là devient un anneau assez comparable à la forme initiale. L'équilibre physique alors obtenu peut durer, mais, pour finir, la substance réfringente se rompt en un certain nombre de globules et de fragments en sablier.

Le jeu sur place de cette substance filaire, éminemment déformable, non miscible, est un spectacle cytologique intéressant. Cela rappelle évidemment la production des formations dites myéliniques décrites par Kölsch (1902) et par Fauré-Frémiet (1912) chez des Infusoires hypotriches. Mais le corps réfringent ne semble pas avoir de parenté directe avec la myéline, il ne noircit à aucun degré par l'acide osmique, il ne doit pas être de nature lipoïdique, à moins que le complexe lécithalbumine soit ici exceptionnellement pauvre en lécithine. La ressemblance qu'il présente aussi, au cours de la cytolyse, avec certaines formations pseudopodiques de leucocytes amiboïdes me paraît plus instructive, et ce doit être une spécialité d'hyaloplasme, séparé du cytoplasme de bonne heure et sans doute voué à une activité filaire qui m'échappe encore. En tout cas, la séparation précoce du corps réfringent, en montrant sa préformation, semble prouver, contrairement à l'opinion de Kölsch, que les formations myéliniques des Hypotriches ne sont pas dues à l'apparition d'une substance nouvelle, combinaison d'acides gras et aminés, provoquée par la cytolyse.

EMBRYOGÉNIE. — *Origine des gonocytes primaires chez les Urodèles et signification de ces éléments chez les Amphibiens en général.* Note de. M. **L. Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Une même manière de voir s'était imposée jusqu'en 1912 à tous les auteurs qui avaient recherché l'origine des gonocytes primaires chez les Urodèles : Hall (1904), Dustin (1908), Allen (1911), Schapitz, Spehl et Polus, Champy (1912). Tous admettaient que les premières cellules génitales, dans l'embryon de ces animaux, étaient d'origine mésodermique, localisées, de chaque côté, au voisinage du canal de Wolff dans l'extrême bord dorsal du feuillet moyen, au point où les deux lames de ce feuillet se réfléchissent l'une dans l'autre. C'est la vieille conception du gonotome, exprimée nettement par plusieurs des auteurs cités, quelques-uns même découvrant dans l'ébauche génitale un gonocèle. Cependant, en 1913, Hélène Abramowicz apportait sur ce sujet une opinion nouvelle : pour elle, les gonocytes sont d'origine endodermique; ils se détachent de la paroi intestinale au niveau des canaux de Wolff. Mais cette thèse passa à peu près inaperçue et ne prévalut pas contre celle de l'ébauche mésodermique, devenue classique.

Nous retrouvons ainsi, chez les Urodèles, la question à laquelle nous nous sommes déjà heurtés chez les Anoures (¹) : à quelle formation embryonnaire appartiennent les premières cellules génitales? Si cette question n'offre, au point de vue embryologique pur, qu'un intérêt restreint (la notion de feuillet n'ayant plus aujourd'hui son importance de jadis), elle n'en exige pas moins une réponse précise, car de cette réponse dépend avant tout l'idée que l'on doit se faire de la nature et de la provenance essentielle des premiers éléments génitaux chez les Amphibiens en général.

J'ai étudié cette question chez l'embryon de *Triton alpestris*. A l'âge où l'on peut pour la première fois reconnaître les gonocytes, la région où ils apparaissent, dans le tiers postérieur du tronc, est particulièrement confuse. La ressemblance de toutes les cellules, qui n'offrent pas encore de caractères différentiels tranchés, l'étroit contact des diverses formations embryonnaires, la présence d'éléments sanguins qui occupent les moindres lacunes entre l'endoderme et le mésoderme, expliquent l'erreur des premières recherches, et cette obscurité entache même les quelques figures,

(¹) L. Bounoure, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 339.

peu probantes, données par H. Abramowicz à l'appui de l'opinion adverse. Cependant, si l'isolement des premiers gonocytes suit d'assez près la formation du feuillet mésodermique, il se produit assez lentement, et nos préparations nous ont permis de le saisir avec une parfaite netteté chez l'embryon de $4^{mm},5$.

A ce stade, où le tronc jusqu'à l'anus mesure 4^{mm}, la région génitale occupe une longueur d'environ 825^{μ} et se termine à 200^{μ} en avant de l'anus. Les organes mésodermiques y sont déjà nettement individualisés. L'endoderme dessine de chaque côté un angle obtus ou arrondi, par lequel se raccorde sa face supérieure oblique avec sa face latérale descendante; cet angle, qui touche au canal de Wolff, est occupé par de grosses cellules vitellines qui ne se distinguent en rien des autres éléments de l'endoderme : même abondance de vitellus, même gros noyau à réticulum très délicat et faiblement colorable, même pigment très fin réparti entre les grains de vitellus (mais déjà un peu plus abondant) : ce sont les premières cellules génitales. Dès ce moment, deux faits permettent de les reconnaître et de suivre leur évolution : la présence des granules de pigment noir qu'elles paraissent élaborer de façon très active; leur séparation d'avec l'endoderme qui se marque par une limite colorable de plus en plus nette, parfois même par une véritable fissure que dessine mieux encore le dépôt du pigment sur ses bords.

Rien ne permet d'attribuer ces éléments au mésoderme. Les lames latérales, dont le bord supérieur vient buter et s'étaler contre le canal de Wolff et s'insinue déjà du côté interne le long de l'endoderme, arrivent bien, en certains points, au contact des gonocytes; mais leurs petites cellules ne contenant que peu de vitellus et renfermant un noyau très dense et très colorable, offrent un aspect déjà très particulier, qui tranche avec les caractères de structure des gonocytes. Au reste, ces derniers restent longtemps encore englobés en partie dans l'endoderme, et, jusque chez les embryons de $5^{mm},5$ on les voit formant, en coupe transversale, des massifs de deux ou trois gros éléments, enfoncés en coin dans l'endoderme, ou enchâssés dans une sorte de cupule creuse formée à leur base par les autres cellules vitellines.

Chez l'embryon de 6^{mm}, ces massifs, devenus grossièrement losangiques ou trapézoïdaux, occupent encore des dépressions marquées de la surface endodermique, qui semblent trahir tardivement l'origine des gonocytes.

Un peu plus tard (larve de $8^{mm},5$), obéissant au glissement général des organes mésodermiques par lequel se prépare la formation du mésentère, les gonocytes sont portés vers la ligne médiane par l'extrême pointe des

lames latérales qui est venue s'insinuer sous eux et tend à les séparer complètement du tube digestif. Ils occupent alors le bord interne du canal de Wolff, où les anciens auteurs les avaient rencontrés. Même à ce stade, alors que les caractères somatiques des éléments mésodermiques se sont fortement accentués, les gonocytes sont encore de grosses cellules vitellines à noyau clair. C'est seulement au stade de 10^{mm} à 11^{mm}, au moment où ils ont atteint la ligne médiane, qu'ils ont résorbé leurs grains de vitellus, mais ils conservent leur noyau arrondi, clair et peu colorable, tandis que les cellules endodermiques, devenues cellules intestinales, ont maintenant un noyau allongé, à contenu très dense et qui se teint énergiquement.

Quelle est l'importance de ces faits et de ceux que nous avons décrits chez les Anoures? Que la première ébauche génitale soit impaire chez ceux-ci, paire au contraire chez les Urodèles, c'est là une différence de peu d'intérêt, bien qu'elle ait alimenté entre embryologistes une longue discussion. En revanche, le fait essentiel qui paraît s'appliquer à tous les Amphibiens, c'est l'origine endodermique des premières cellules génitales. Loin de provenir d'un feuillet blastodermique à différenciation somatique précoce, comme le mésoderme, les gonocytes primaires se détachent tardivement de la masse vitelline endodermique après que s'en sont séparés corde dorsale, sous-notocorde, pancréas dorsal, formations mésodermiques et mésenchymateuses. Ils quittent l'endoderme au moment où celui-ci va devenir intestin fonctionnel différencié. Plus longtemps même que les cellules endodermiques, ils gardent certains caractères essentiels des premiers blastomères de segmentation (en particulier, structure du noyau).

S'ils ne paraissent, chez le Triton, effectuer que des déplacements passifs, nous avons vu ces éléments, chez la Grenouille, s'échapper en vertu d'un véritable amiboïsme d'entre les cellules vitellines, et il est impossible de ne pas voir dans ces mouvements actifs une persistance de ce *cytotropisme* décrit par W. Roux (1895) dans les cellules de segmentation de la même espèce, et de cette activité propre qui préside encore au regroupement des cellules dans la gastrulation.

En somme, tous ces faits nous semblent venir avec force à l'appui de la vieille idée de Nussbaum que les premières cellules génitales sont issues directement de la segmentation de l'œuf. Ils plaident en faveur de la ségrégation précoce des éléments qui représentent le germen dans l'embryon des Amphibiens.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la toxicité et la valeur alimentaire de l'acétate d'ammoniaque pour les Champignons inférieurs.* Note de M. **Denis Bach**, présentée par M. L. Guignard.

Les sels ammoniacaux de la série acétique sont souvent considérés comme de mauvais aliments pour les microorganismes et pour les Champignons inférieurs en particulier. Czapeck [1] a constaté que l'*Aspergillus niger* ne donnait avec eux, aucune récolte. Par contre, Raciborski [2], avec le *Basidiobolus ranarum*, Brenner [3] avec l'*Aspergillus niger*, les considèrent comme de bonnes sources d'azote.

L'*A. repens* De Bary, cultivé sur notre milieu habituel [4] où la source d'azote est représentée par CH^3COONH^4 à la concentration $\frac{N}{10}$, donne une culture rapide, vigoureuse, sous forme d'un voile jaune d'or, passant à la longue au jaune orangé. Le P_H, qui était au début de 6,2, descend jusqu'à la valeur 4,5 au 14ᵉ jour, pour une récolte de $0^g,365$. A ce moment le sucre est entièrement consommé, le mycélium s'attaque à la molécule acide et le milieu s'alcalinise rapidement, jusqu'au P_H 8,4 au 22ᵉ jour. Dans ces conditions, l'acétate d'ammoniaque doit être considéré comme un bon aliment.

Mais si nous répétons l'expérience avec le même milieu amené, par addition de HCl, à avoir les P_H 6,2 — 5,2 — 4,8 — 4,4 — 3,6, on n'obtient de culture que lorsque le P_H est supérieur à 5,2. Les milieux plus acides renferment donc une substance toxique, qui ne peut être ni l'ion [H], non toxique à cette concentration, ni le reste acide [CH^3COO], dont la proportion diminue quand on acidifie le milieu. La toxicité ne peut être due qu'à la portion CH^3COOH existant à l'état de molécule non dissociée.

Déjà, avant nous, Bial [5], F. Clark [6], Reichel [7], Kiesel [8] avaient attribué la toxicité de ce corps à l'acide non dissocié. Ils ont donné des

(1) Czapeck, *Hofmeister*, *Beiträge z. chem. Physiol.*, t. 2, 1902, p. 557.
(2) Raciborski, *Flora*, t. 82, 1896, p. 107.
(3) Brenner, *Cent. f. Bakt.*, II. Abt., t. 40, 1914, p. 555.
(4) Bach, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 520.
(5) Bial, *Z. Physik. Chem.*, t. 40, 1902, p. 513.
(6) F. Clark, *Botanical Gazette*, t. 28, 1899, p. 288.
(7) Reichel, *Bioch. Zeits.*, t. 30, 1911, p. 152.
(8) Kiesel, *Ann. Inst. Pasteur*, t. 27, 1913, p. 391.

chiffres exprimant cette toxicité pour les organismes étudiés, mais ces chiffres n'ont aucune signification si, à la notion de concentration de l'acide acétique, on ne joint pas celle du P_H du milieu. En effet, pour une concentration donnée d'acide libre ou à l'état de sel, la proportion des molécules non dissociées augmente avec la concentration des ions [H] du milieu, toute augmentation de [H] (acidification) diminuant la dissociation de CH^3COOH.

Si l'on appelle avec Michaelis [1] *degré de dissociation a* d'un acide le rapport des ions acides à la masse totale des radicaux acides, quelle que soit leur forme, et *reste de dissociation q* le rapport des molécules non dissociées à la masse totale des radicaux acides, ces deux valeurs peuvent se calculer à partir de la concentration des ions [H] et de la constante de dissociation K :

$$a = \frac{1}{1 + \frac{h}{K}}, \tag{1}$$

$$q = 1 - a. \tag{2}$$

Ces relations permettent de calculer la valeur du *reste de dissociation q* pour les diverses valeurs du P_H, puis en fonction de q la concentration C des molécules non dissociées pour chaque dilution d'acide

$$C = qn \tag{3}$$

si n égale la concentration moléculaire. C'est ainsi que dans un milieu $\frac{N}{10}$ en acétate d'ammoniaque et ayant un $P_H = 5,2$, le reste de dissociation est égal à $0,259$ et la concentration de l'acide non dissocié à $0,259 \times 0,10 = 0,0259$. C'est la concentration toxique pour l'*A. repens*. Il est évident que si nous diminuons la concentration initiale d'acétate n, le P_H limite pourra prendre une valeur plus faible et inversement. C'est ce que l'expérience vérifie.

Nous avons préparé des milieux à concentrations variables en acétate, suivant la progression :

$$\frac{N}{2,5}, \quad \frac{N}{4}, \quad \frac{N}{6,3}, \quad \frac{N}{10}, \quad \frac{N}{16}, \quad \frac{N}{25}, \quad \frac{N}{40}, \quad \frac{N}{63}, \quad \frac{N}{100}.$$

Dans chaque série des fioles ont été ajustées à des P_H variables et ensemencées. La culture s'est arrêtée chaque fois à un P_H différent. Nous indiquons dans le tableau suivant :

1° Le P_H de la dernière culture positive avec la concentration C de l'acide à l'état moléculaire qui lui correspond ;

---

(1) L. MICHAELIS, *Die Wasserstoff Ionen Konzentration*, II. Auf. Berlin, 1922.

2° Le P_H du premier vase où la culture a été négative avec la concentration de l'acide moléculaire correspondante.

	Concentration initiale en acétate.							
	$\frac{N}{4}$.	$\frac{N}{6,3}$.	$\frac{N}{10}$.	$\frac{N}{16}$.	$\frac{N}{25}$.	$\frac{N}{40}$.	$\frac{N}{63}$.	$\frac{N}{100}$.
Culture positive P_H..	6	5,8	5,4	5	4,6	4,2	3,4	3
Culture positive C...	0,0132	0,013	0,018	0,022	0,023	0,019	0,014	»
Culture négative P_H..	5,8	5,6	5,2	4,8	4,4	4	3,2	»
Culture négative C...	0,02	0,019	0,026	0,029	0,027	0,021	0,015	»

La concordance entre les diverses séries est excellente. Il faut remarquer qu'à la concentration $\frac{N}{63}$, l'action toxique des ions H se fait déjà sentir et devient prépondérante. A la concentration $\frac{N}{100}$ la culture est possible dans toute la zone où la concentration des ions H permet la culture. On ne peut réaliser un milieu où la toxicité soit due à CH^3COOH.

Ces faits ont une portée générale. Nous les avons étendus, dans la série grasse, aux formiate, propionate, butyrate d'ammoniaque.

En résumé :

1° Les sels ammoniacaux des acides gras monobasiques peuvent être de bonnes sources d'azote pour l'*A. repens;*

2° Les acides non dissociés sont toxiques et cette toxicité est liée à la concentration du sel ammoniacal et au P_H du milieu. L'alcalinisation la diminue, l'acidification l'exalte. Pour obtenir de bons résultats avec ces corps, aux concentrations habituelles, il faut rester dans certaines limites du P_H;

3° Quand on acidifie un milieu de culture, la toxicité observée peut ne pas être due aux ions H, mais à des réactions secondaires sur d'autres constituants du milieu.

Les P_H limite pour un organisme déterminé ne peuvent s'entendre que d'un milieu exactement défini.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le gynandromorphisme biparti expérimental chez le Coq domestique. Récurrences raciales dictées par la mue automnale et caractère transitoire de certaines modifications pigmentaires.* Note de MM. **Pézard**, **Sand** et **Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

A la suite de nos récentes recherches, nous avons proposé une théorie concrète du gynandromorphisme biparti chez les Oiseaux. Postulée éven-

tuellement par l'un de nous, comme conséquence logique de la loi du « tout ou rien » et du « seuil différentiel » appliquée au plumage ([1]), cette théorie a reçu toute l'objectivité désirable du fait que nous avons pu, depuis 2 ans, produire expérimentalement le curieux phénomène et en découvrir les nombreuses modalités ([2]). Ainsi tombait le dernier réduit où s'étaient retranchés les contempteurs de la doctrine des hormones sexuelles chez les Oiseaux.

Mieux encore, opérant sur des volailles hybrides, nous avons obtenu, chez plusieurs Coqs gynandromorphes bipartis, lors de la féminisation locale, des modifications pigmentaires insolites, inconnues chez les poules hybrides homologues servant de témoins. Nous les avons désignées sous le nom de *modifications raciales* sans préjuger en rien de leur nature, de leur fixité ou de leur durée, enregistrant simplement leur liaison étroite avec les conditions hormono-sexuelles. Durant la mue de septembre 1924, le plumage de nos gynandromorphes bipartis s'est uniformisé, selon notre prévision, conformément à la condition hormonique du moment. Cette uniformisation a la valeur d'une contre-épreuve ou même d'une expérience nouvelle; elle nous a fourni des enseignements particulièrement précis.

Aujourd'hui, nous envisagerons seulement le cas de trois Coqs adultes que nous avons précédemment décrits au titre de gynandromorphes bipartis (*sensu lato*) ([3]), et que nous désignerons sous les n^os^ 1, 2, 3. Après avoir présenté des modifications pigmentaires inattendues, les trois sujets ont repris leur type racial primitif avec ou sans inversion totale de leurs caractères sexuels secondaires.

N° 1. Coq *à plumage Dorking*, appartenant à la génération G_2 du croisement Leghorn doré-Dorking. A 6 mois le sujet reçoit, après castration, des transplants ovariens provenant d'une poulette Leghorn dorée. Plastron et région dorso-lombaire déplumés à gauche (novembre 1923). *Féminisation immédiate à gauche*, mais avec pigmentation insolite dans la région

---

([1]) A. Pézard, *Notion du « seuil différentiel » et explication humorale du gynandromorphisme des Oiseaux bipartis* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1573).

([2]) A. Pézard, Knud Sand et F. Caridroit, *Production expérimentale du gynandromorphisme biparti chez les Oiseaux* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 615); *Le gynandromorphisme biparti expérimental* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 1103); *Gynandromorphisme biparti fragmentaire d'origine mâle* (*Ibid.*, t. 89, 1923, p. 1271), etc.

([3]) A. Pézard, Knud Sand et Caridroit, *Modifications raciales par greffe ovarienne chez les Coqs* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 90, 1924, p. 623).

dorso-lombaire (décembre 1923 à juin 1924); ensuite, apparition d'une bande médiane de plumes femelles Dorking (sujet triparti) (juin-septembre 1924). Enfin, uniformisation totale lors de la mue de septembre 1924, le sujet prenant l'aspect d'une poule Dorking typique (uniformisation hétérosexuée).

Schémas des états successifs de la région dorso-lombaire
(D désignant le caractère Dorking, X le caractère pigmentaire inconnu).

I.	II.	III.	IV.
♂ ♂	♀ ♂	♀ ♀ ♂	♀ ♀
D D	X D	X D D	D D
Novembre 1923.	Décembre 1923 à juin 1924.	Été 1924.	Octobre 1924.

N° 2. Coq de 5 mois et demi présentant une *mosaïque de caractères Leghorn et Dorking* (même génération G_2 du même croisement). Le sujet, non castré, reçoit un transplant d'ovaire de poulette Dorking. Région dorso-lombaire déplumée suivant une bande transversale (décembre 1923). *Féminisation immédiate de la zone de déplumage* par poussée de plumes arrondies, mais avec pigmentation anormale. Ce nouveau plumage tombe en septembre 1924 et il est remplacé par le plumage mâle primitif (uniformisation homosexuée).

Schémas des états successifs (M désignant le caractère primitif).

I.	II.	III.
M♂ / M♂	X♀ / M♂	M♂ / M♂
Décembre 1923.	Janvier à sept. 1924.	Octobre 1924.

N° 3. Coq de 18 mois (même *hybride Leghorn-Dorking*, à plumage en mosaïque). Après castration presque complète, le sujet reçoit un transplant testiculaire provenant d'un coq Sebright adulte ([1]). Région dorso-lombaire déplumée suivant une bande transversale (janvier 1924). *Féminisation immédiate de la zone déplumée*, avec caractère Leghorn doré. Le plumage reprend l'aspect primitif en septembre 1924 (uniformisation homosexuée).

([1]) T. H. Morgan a montré que, dans la race Sebright, le testicule exerce sur le plumage du coq une action de blocage comparable à celle de l'ovaire.

Schémas des états successifs.

I.	II.	III.
$\frac{M\,♂}{M\,♂}$	$\frac{L\,♀}{M\,♂}$	$\frac{M\,♂}{M\,♂}$
Janvier 1924.	Mars à sept. 1924.	Octobre 1924.

Discussion. — Nous n'avons jamais observé chez les poules témoins normales, soumises ou non à un déplumage local, les caractères pigmentaires que nous ont présentés ces trois gynandromorphes dans la zone de féminisation. Nous sommes donc en droit d'incriminer l'action hormonique introduite.

Comment envisager le mécanisme de cette action? On pouvait penser à l'apparition de facteurs nouveaux ou encore à la disparition de facteurs normaux : le retour des trois sujets à leur type racial primitif exclut rigoureusement ces deux hypothèses.

La seule explication qui nous paraisse d'accord avec les nouveaux faits consiste dans un *réglage de dominances*, ou, ce qui revient au même, dans un bloquage factoriel provisoire s'exerçant sur le bourgeon de la plume, blocage qui ne s'exercerait pas uniformément et en même temps sur tous les éléments du complexe pigmentaire. Nous serions ainsi amenés à étendre notre notion de *seuil différentiel*. Déjà, nous avons été conduits au même réglage, soit dans nos études sur la *forme spécifique*, soit dans nos interprétations relatives à l'hérédité sex-linked des Moutons et des Poules.

Conclusion. — L'uniformisation du plumage se produit, chez les gynandromorphes bipartis, lors de la mue qui suit l'opération et selon la condition hormonique du moment. Des caractères pigmentaires nouveaux peuvent apparaître, chez les coqs, dans la zone féminisée, durant la période gynandromorphe. Imputables à l'action hormonique introduite, ces modifications d'ordre racial, doivent rentrer dans le groupe des phénomènes connus sous le nom de *dominances transitoires*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'élevage en culture pure d'un Crustacé Cladocère :* Daphnia magna. Note de M. **Marc Treillard**, présentée par M. F. Mesnil.

Les Cladocères présentent, on le sait, dans la nature comme au laboratoire, des variations morphologiques locales ou saisonnières pour lesquelles

l'influence du milieu n'est plus contestée; mais ces Crustacés montrent surtout des formes de reproduction variées, qui alternent en des cycles plus ou moins réguliers : formes parthénogénétiques (normales ou spéciales), sexuées ou intersexuées, dont le déterminisme, poursuivi depuis longtemps, a donné lieu à des observations et expériences à résultats contradictoires. Certains auteurs y voient uniquement l'influence des conditions externes; d'autres affirment qu'il n'y a là que mécanisme interne et héréditaire; d'autres enfin pensent que les facteurs internes peuvent, à certains moments, devenir influençables par les conditions externes qui paraîtraient à tort être les véritables causes de ces variations.

Le but des recherches que nous avons entreprises tend à supprimer une objection à tous ces travaux : on ne peut étudier, en effet, l'action des conditions externes que dans un milieu constant et relativement défini; or on n'a jamais soumis aucun Cladocère à un élevage en culture pure. Cette méthode, féconde en bactériologie, appliquée à de rares Vertébrés et à quelques Invertébrés (Insectes et Nématodes), vient d'être heureusement mise en pratique pour l'étude biochimique du métabolisme des Protistes hétérotrophes. Il nous avait depuis lontemps paru désirable de faire bénéficier les Cladocères de cette méthode pour le problème de leurs variations reproductives : l'étude du développement, de la croissance, de la périodicité des mues, des ferments digestifs, de l'excrétion et aussi celle des organismes qui parasitent quelquefois ces Crustacés, retireront également avantage de la maîtrise du milieu.

En nous inspirant des travaux analogues sur les quelques Arthropodes élevés aseptiquement, nous avons procédé à la mise en culture pure de la manière suivante :

1° *Purification*. — Dans les pièces d'eau très chargées d'impuretés et dans les bocaux troubles, la plupart des Cladocères portent avec eux un grand nombre d'organismes microbiens de toute nature, à la surface et dans les infractuosités des téguments, tout le long du tube intestinal, à l'intérieur de la cavité générale, au sein même des organes et jusque dans le protoplasme de l'œuf. Il est facile, cependant, dans les bassins clairs ou dans les bocaux limpides, de trouver des Daphnies qui ne présentent que très peu d'organismes étrangers tégumentaires et intestinaux, et dont la cavité générale et les organes sont indemnes de parasites.

Malheureusement, les œufs pondus par de tels individus, parthénogénétiques ou sexués, et extraits de la cavité maternelle, sont trop délicats à manipuler et trop sensibles aux antiseptiques, même très dilués, pour servir

d'origine à des animaux aseptiques et nous avons échoué dans cette voie.

La méthode dite de dilution a été plus favorable : on prend, parmi les individus que l'on sait faiblement impurs, une femelle parthénogénétique dont les ovaires sont gonflés d'œufs mûrs et l'intestin rempli de nourriture; elle peut, généralement, supporter le jeûne auquel elle est soumise dans la série de tubes d'eau distillée stérile où l'on va la transporter, durant plusieurs jours, au cours desquels les œufs sont pondus dans la cavité dorsale maternelle et commencent à s'y développer. Les lavages répétés dans l'eau stérile, l'élimination fréquente des mues et des excréments, et, finalement, les passages rapides dans l'eau oxygénée à 10 volumes, amènent, quand les circonstances se sont montrées favorables, en même temps que la mort de la mère, la mise en liberté des jeunes Daphnies mobiles, aseptiques, que l'on commence par alimenter avec des algues monocellulaires stérilisées par ébullition. Après contrôle de la stérilité de ces individus par culture négative aérobie et anaérobie sur les milieux bactériologiques les plus riches, on les transporte dans le milieu stérile choisi.

2° *Alimentation définie.* — On peut distinguer, dans l'intestin des Daphnies non purifiées, diverses algues monocellulaires, des petits flagellés, des spores de champignons et diverses bactéries, dont l'action sur la digestion n'est pas connue. Mais on désirait, *a priori*, leur offrir un aliment susceptible d'être obtenu en grande quantité, afin de pouvoir être analysé et soumis à des modifications; comme, pour des causes mécaniques, sur lesquelles on reviendra, la présence d'éléments figurés a paru nécessaire, nous avons tout de suite pensé à nourrir ces animaux avec des globules sanguins qui constituent un aliment auquel les organismes les plus différents se sont adaptés, dans la nature ou expérimentalement. Les solutions, isotoniques pour le sang, de sels divers s'étant montrées toxiques, on a obtenu un milieu favorable avec une solution de glucose à 1 pour 100; dans 10^{cm^3} de cette solution, on ajoute une goutte de globules de lapin, lavés dans l'eau citratée. Les Daphnies se sont accommodées du milieu sucré et ont ingéré les globules rouges. On a obtenu ainsi, jusqu'ici, une dizaine de générations parthénogénétiques. L'étude de cette nutrition et la recherche d'une alimentation liquide sont en cours.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'hémolyse par le venin de Scorpion. Comparaison avec d'autres venins.* Note [1] de M. **Robert Lévy**, présentée par M. F. Mesnil.

Les idées sur le mécanisme de l'hémolyse par les venins ont subi depuis une vingtaine d'années une évolution féconde en aperçus nouveaux. La conception simple qui attribuait au venin lui-même une action hémolytique directe fut vite abandonnée et la nécessité d'une substance « complémentaire » fut mise en évidence dans la plupart des cas : la lécithine notamment fut reconnue capable d' « activer » de nombreux venins directement inactifs.

P. Kyes, allant plus loin, attribua les propriétés hémolytiques du venin de Cobra à une véritable combinaison du venin et de la lécithine qu'il nomma Cobra-lécithide. Un Scorpion-lécithide fut préparé de même par Kyes et, ultérieurement, un Abeille-lécithide par Morgenroth et Carpi.

L'interprétation de ces faits ne tarda pas à être contestée et peu à peu se fit jour une conception nouvelle : celle d'une action catalytique des venins. Il appartenait à C. Delezenne, M^lle S. Ledebt et E. Fourneau [2] d'élucider complètement le problème et de montrer que le venin de Cobra libère, par action diastasique, des hémolysines aux dépens des phosphatides contenus dans les sérums ou dans le vitellus de Poule.

La substance formée aux dépens du vitellus fut isolée, purifiée, cristallisée et caractérisée chimiquement comme un anhydride de l'éther monopalmitophosphoglycérique de la choline. Elle fut dénommée *lysocithine* (Delezenne et Fourneau).

Il était indiqué de rechercher si une telle action catalytique (retrouvée avec d'autres venins de Serpents) ne pouvait être mise en évidence avec des venins d'invertébrés et de voir si les prétendus « toxo-lécithides » décrits n'étaient pas dans tous les cas, comme cela paraissait évident pour le « Cobra-lécithide », de la lysocithine fortement souillée de venin et de lécithine. J'ai entrepris cette recherche, avec les conseils obligeants de M. C. Delezenne qui a bien voulu me faire profiter de toute son expérience en la matière.

J'ai pu récemment faire la démonstration pour le venin de Scolopendre [3],

(1) Séance du 10 novembre 1924.

(2) Voir notamment *Bull. Soc. chim. de France*, 4^e série, t. 15, 1914, p. 421.

(3) *Bull. Soc. zool. de France*, t. 48, 1923, p. 294; *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1326.

auquel ne correspondait d'ailleurs point de lécithide connu. J'ai montré qu'il s'agissait bien d'une action catalytique et je suis parvenu à extraire d'un mélange de venin et de vitellus, abandonné à l'étuve, une substance possédant l'ensemble des caractères de la lysocithine et un pouvoir hémolytique sensiblement égal.

Plus récemment encore, S. Belfanti ([1]) signale qu'il a pu préparer, par l'action du venin d'Abeille sur le vitellus, une substance cristallisable, fortement hémolytique, qu'il identifie avec la lysocithine de Delezenne et Fourneau et à laquelle il attribue la même composition centésimale. De mon côté, indépendamment de cet auteur, je suis arrivé à des résultats qui confirment pleinement les siens : j'ai observé que le venin d'Abeille agit comme un catalyseur vis-à-vis de la lécithine du vitellus de Poule et en libère un produit qui paraît en tout point identique à la lysocithine.

J'ai enfin abordé, toujours au même point de vue, l'étude du venin d'un Scorpion : *Heterometrus maurus* L. Comme les précédents, le venin de ce Scorpion est un catalyseur puissant des phosphatides : j'ai suivi la marche de la catalyse et j'ai effectué l'extraction du produit.

Marche de la catalyse. — Ici encore l'activité hémolytique d'un mélange de vitellus de Poule et de venin croît avec le temps, et sa valeur finale est indépendante de la quantité de venin mise en œuvre. On arrive toujours à un pouvoir hémolytique du même ordre de grandeur : la dose limite est entre 3 et 4 millièmes de centimètre cube de mélange, pour des hématies de Cheval (essai sur 1^{cm^3} d'une émulsion d'hématies à 5 pour 100).

Extraction de l'hémolysine. — La technique employée a été, comme pour le Scolopendre et l'Abeille, exactement celle indiquée pour la lysocithine.

Les dards (conservés après rapide dessiccation) de 9 individus de taille moyenne de l'espèce *Heterometrus maurus* sont broyés dans de l'eau salée physiologique et le filtrat est ajouté à l'émulsion, dans le même liquide, de 3 jaunes d'œuf. Le volume total est 150^{cm^3}. Le mélange, préparé dans les meilleures conditions d'asepsie réalisables, est laissé 90 heures dans une étuve à 50°.

Après dessiccation, épuisement par l'acétone, traitement du résidu par l'alcool absolu, addition d'éther anhydre à la liqueur alcoolique et dessiccation du précipité, on obtient une masse blanchâtre, semi-cristalline, fortement hygroscopique, présentant tout l'ensemble des caractères de la lysocithine.

La dose hémolytique limite de cette substance est $0^{mg},03$, avec des hématies de Cheval.

([1]) *Bollettino dell' Istituto Sieroterapico Milanese*, t. 3, fasc. 5, 1924, p. 1.

Conclusions. — De l'ensemble des résultats ci-dessus consignés ou rappelés, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Qu'il s'agisse de venins de Serpents, de venins de Scolopendre, d'Abeille ou du Scorpion *Heterometrus maurus*, le pouvoir hémolytique d'un mélange de vitellus de Poule et de venin augmente avec le temps et atteint toujours, finalement, des valeurs qui sont du même ordre de grandeur. La marche de la catalyse est exactement la même dans tous ses détails.

2° On peut extraire de ces divers mélanges, par le procédé utilisé à l'origine par Delezenne et Fourneau, des substances hémolytiques qui présentent, dans l'ensemble, les mêmes caractères et dont l'activité est du même ordre de grandeur, le rendement pondéral étant sensiblement le même dans tous les cas.

S'il n'est pas douteux que les produits résultant de l'action catalytique de ces divers venins sont, dans tous les cas, la lysocithine, il reste cependant, pour en apporter la démonstration complète, à pousser plus loin l'étude analytique de certains d'entre eux. Nous attendons le résultat d'essais actuellement en cours, mais nous pouvons d'ores et déjà conclure d'une façon générale en disant qu'il nous paraît légitime d'étendre aux trois venins essayés (Scolopendre, Abeille, Scorpion *Heterometrus maurus*) les résultats de C. Delezenne, M^lle S. Ledebt et E. Fourneau qui établissent que l'action hémolytique des venins de Serpents doit être rapportée à un phénomène de catalyse.

On retrouve donc un même mécanisme physiologique, un même phénomène diastasique portant sur une catégorie très spéciale de substances (phosphatides), en étudiant les sécrétions venimeuses d'animaux systématiquement aussi éloignés que des Arthropodes, appartenant à trois classes différentes, et des Serpents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des boues activées.* Note de M. LUCIEN CAVEL, présentée par M. Roux.

Un des principaux phénomènes de l'épuration biologique des eaux d'égout, est la disparition de l'ammoniaque [1] libre ou saline que ces eaux renferment.

Avec le procédé des *boues activées* en particulier, la rapidité de cette dis-

(1) En majeure partie nitrifiée, car il y a des pertes.

parition est liée au degré d'activation plus ou moins parfait de ces boues. Mais lorsque la réaction des eaux est acide, et que l'on constate au réactif de Nessler la présence d'ammoniaque saline, on a beau insuffler de l'air, cette ammoniaque ne disparaît plus.

Je me suis attaché, par des expériences fréquemment vérifiées, à établir l'acidité limite à partir de laquelle la chute de l'ammoniaque dosée au Nessler ne se fait plus. Pour y arriver, je fais usage de ballons munis de dispositifs d'insufflation d'air, contenant un mélange d'eau et de boue activée, avec une proportion de cette dernière de 20 pour 100, mesurée après deux heures de repos. Puis j'ajoute des doses successivement croissantes de chlorure d'ammonium, au fur et à mesure de son élimination, au moyen d'une solution titrée de ce sel, telle qu'elle corresponde à 1^{g} AzH^3 par litre. Ces doses sont de 5^{cm^3}, 10^{cm^3}, 15^{cm^3}, etc., par litre de mélange eau-boue. En opérant de cette manière, il arrive un moment ([1]) (lorsque les carbonates alcalino-terreux ont été transformés) où, sans cause apparente, la chute de l'ammoniaque s'arrête. On s'aperçoit alors, en cherchant minutieusement les raisons de ce phénomène, que la réaction du liquide surnageant, d'alcaline qu'elle était, est devenue très légèrement acide. Cette acidité est si peu perceptible qu'on peut à peine discerner la différence de teinte que donnent quelques gouttes de teinture de tournesol sensible dans ce liquide, comparativement à celui qu'on obtient avec le même volume d'eau distillée bien neutre.

D'après de nombreux essais effectués comme il est indiqué ici, j'arrive à ce résultat qu'il suffit de 4^{cm^3} d'eau de chaux par litre pour neutraliser l'acidité formée dans ces conditions. Ce qui correspond, d'après le titre de l'eau de chaux dont je me suis servi, à $8^{mg},4$ d'acide sulfurique par litre. Dès qu'on se trouve aux environs de cette teneur et qu'on persiste à ajouter de la solution d'AzH^4Cl, il n'y a plus de baisse appréciable de l'ammoniaque; elle reste pratiquement stationnaire. Je dis pratiquement, parce que si l'on veut obtenir une baisse, même légère, d'un ou deux milligrammes, il faut prolonger l'aération quelques jours encore.

Si maintenant on sature par de l'eau de chaux l'acidité qui s'est formée, l'ammoniaque se met à diminuer jusqu'à ce que le taux d'acide revienne à celui que je viens de signaler. Et l'on peut recommencer cette opération; on retrouvera ce même chiffre d'acidité, au delà duquel la disparition de l'ammoniaque saline ne se fait plus. Il est indifférent, pour ces expériences,

---

([1]) Au bout d'une quinzaine de jours.

de prendre l'un ou l'autre des sels ammoniacaux en solutions titrées. Ils conviennent tous et l'on peut suivre leur disparition graduelle jusqu'à réaction acide. Que l'on prenne du sulfate, du chlorure, du fluorure, du nitrate d'ammonium, l'allure du phénomène est la même [1]. Dans ces conditions, il est possible d'admettre que l'on a, en présence des boues activées, avec un excès d'air, les réactions suivantes [2] :

$$AzH^4Cl + 4O = AzO^3H + HCl + H^2O;$$
$$SO^4(AzH^4)^2 + 8O = 2AzO^3H + SO^4H^2 + 2H^2O;$$
$$AzH^4Fl + 4O = AzO^3H + HFl + H^2O;$$
$$AzO^3AzH^4 + 4O = 2AzO^3H + H^2O.$$

Il semble dès lors démontré que quelques milligrammes par litre d'acide nitrique accompagné ou non d'un autre acide, dans les eaux devant être traitées par les boues activées, suffisent à empêcher la nitrification de l'ammoniaque que ces eaux renferment [3].

Ce phénomène se passe dans le cas de mes expériences aux environs d'un $P_H = 5,0$, qu'on peut déterminer au moyen d'une échelle colorimétrique de solutions tampons, en prenant le rouge de méthyle comme indicateur.

L'effet de traces d'acide sur la boue activée, outre qu'il en change la contexture par des flocons plus menus, ne se borne pas seulement à gêner la disparition de l'ammoniaque. Il a comme conséquence grave d'annihiler le pouvoir adsorbant de la boue. Aussitôt que la nitrification se trouve entravée, on remarque, si l'on cesse l'aération, que l'eau qui surnage reste trouble et se décante très mal. Il semble que les colloïdes fixés par la boue rétrogradent vers la phase dispersée. Ils *peptisent*, pour me servir de l'expression d'Ostwald. A cet instant, si on cherche à abaisser le taux d'oxydabilité d'une eau d'égout (très légèrement acidulée, au $P_H = 5$), en la mettant en contact avec la boue en question, on n'obtient aucun résultat. Bien mieux, l'oxydabilité qu'on observe alors est souvent plus élevée qu'avant le contact, parce que l'eau traitée s'est chargée des impuretés abandonnées par la boue en voie de peptisation

---

(1) On peut aussi prendre l'ammoniaque elle-même.

(2) Je n'ai pas remarqué, dans les conditions de mes expériences, la présence de nitrites.

(3) Il n'était pas évident *a priori* que d'aussi faibles quantités dussent entraver la nitrification. On a des exemples, dans d'autres fermentations, où le milieu supporte des doses d'acide beaucoup plus élevées, comme dans la fabrication du vinaigre ou de l'acide lactique.

En somme, il découle de ces observations que de faibles quantités d'acides libres dans une eau d'égout, même à l'état de traces, empêchent la nitrification, et rendent inertes les propriétés épurantes de la boue activée. Si, au point de vue pratique de l'épuration par ce procédé, un reste d'ammoniaque a peu d'importance (parce qu'elle peut s'éliminer ultérieurement d'elle-même, par auto-épuration), il n'en est pas de même des substances organiques putrescibles qui, n'étant plus fixées, s'écoulent librement à la rivière. Il convient donc absolument d'éviter l'admission d'eaux d'égout, même très faiblement acides, dans les stations d'épuration par les boues activées.

MÉDECINE. — *Mécanisme respiratoire et traitement des symptômes graves de l'aérophagie.* Note (¹) de M. G. Leven, présentée par M. d'Arsonval.

L'aérophagie gastro-intestinale joue un rôle important dans la genèse de symptômes cardiaques (dyspnée, angine de poitrine, asystolie, palpitations, syncopes, hypertension artérielle), respiratoires (dyspnée, asthme, toux), gastriques (vomissements de l'adulte et du nourrisson, symptômes pyloriques, gastralgies) et intestinaux (constipation, fausses appendicites, crises coliques, etc.). Ce rôle est démontré par la Radiologie (²), par la Clinique, par les résultats de la thérapeutique de l'aérophagie. Ce rôle paraît évident à l'heure actuelle à tous les cliniciens qui ont étudié avec soin la question.

Cette mise en lumière de l'action de l'aérophagie dans la création de syndromes respiratoires, cardiaques, intestinaux, gastriques et de leur aggravation dans les cas où l'aérophagie accompagne une cardiopathie, une maladie du poumon, de l'estomac ou de l'intestin, est féconde en résultats.

En effet, dans le premier cas (aérophagie isolée), on guérit un malade considéré à tort comme atteint de lésions cardiaques, d'hypertension artérielle, d'une affection pulmonaire ou autre; dans le deuxième cas (aérophagie accompagnée), l'amélioration des symptômes liés à une lésion organique est parfois considérable, lorsque les symptômes dépendant de l'aérophagie qui les complique sont supprimés.

(¹) Séance du 3 novembre 1924.

(²) G. Leven, *L'Aérophagie. Étude clinique, radiologique et thérapeutique.* G. Doin, éditeur; Paris, 1920.

La thérapeutique de l'aérophagie gastro-intestinale repose sur les bases suivantes : 1° diététique; 2° correction du tic d'avalement d'air; 3° diminution de la sialorrhée; 4° rééducation du mécanisme diaphragmatique [1].

Je n'insisterai dans cette Note que sur l'élément 4°, dont l'importance n'a pas suffisamment attiré l'attention des médecins, importance démontrée par le temps gagné dans le traitement, par l'instantanéité souvent extraordinaire des progrès ou des guérisons. lorsque cette notion est mise sur le même plan que les autres bases de la thérapeutique de l'aérophagie.

Un aérophage gastro-intestinal a un abdomen le plus souvent distendu par l'air dégluti contenu dans l'estomac et les intestins; il ne faut pas dire toujours, car il est des estomacs contractés qui résistent à la distension, mais qui cependant soulèvent le diaphragme de bas en haut.

Or, à un abdomen distendu correspond nécessairement un relèvement du diaphragme souvent si accentué que la cage thoracique est considérablement diminuée [2] dans son diamètre vertical, ce qui explique les symptômes cardiaques et respiratoires. Cette diminution en hauteur de la cavité thoracique est telle, qu'un coup de couteau pénétrant dans le thorax traverse l'abdomen.

Ce diaphragme surélevé et immobilisé est limité dans son expansion; l'hématose est gênée, la petite et la grande circulation sont compromises et les viscères en souffrent dans tous leurs fonctionnements (moteur, sécrétoire, nerveux).

Il appartient donc au thérapeute de rendre normal ce mécanisme diaphragmatique compromis. Tant que le diaphragme n'a pas un jeu suffisant, l'évacuation de l'air enfermé dans le tube digestif n'est pas suffisante. Tant que cet air n'est pas réduit ou supprimé, le jeu diaphragmatique demeure anormal.

Un procédé d'une simplicité extrême est nécessaire et suffisant pour régulariser ce jeu diaphragmatique : il consiste à expirer longuement (geste de souffler une flamme de bougie pour la courber sans l'éteindre) après une inspiration nasale préalable, légère, pour amorcer le mouvement. Cette expiration peut se faire dans toutes les attitudes (debout, couché, assis, en marche). Si elle a été bien effectuée, elle est suivie d'une rentrée d'air brutale, spontanée, automatique.

---

(1) Cf. *eodem loco*.

(2) G. Leven, *La Dyspepsie*, 2e édition, p. 120. G. Doin, éditeur; Paris, 1922.

Le rythme que je propose est le suivant : une série de 5 expirations successives ; chaque série sera faite de demi-heure en demi-heure ; au total 15 à 20 séries par jour. En faire un plus grand nombre dans la série ou dans la journée présente de réels inconvénients.

La remarque suivante permettra d'apprécier le résultat immédiat, au cours de l'épreuve respiratoire, alors que la diminution du volume du ventre et l'amélioration des symptômes démontreront peu à peu l'action de cette technique adjointe aux autres termes du traitement de l'aérophagie gastro-intestinale.

Un sujet normal rétracte à l'inspiration le creux épigastrique ; dans les mêmes conditions un sujet à abdomen distendu par l'aérophagie projette à l'extérieur son épigastre (respiration à l'envers), si l'aérophagie est forte. L'épigastre est immobile, si l'aérophagie est moyenne.

Questionné après la première série de respirations ainsi effectuées, le sujet répond toujours :

« J'ai l'impression d'avoir respiré à fond, plus à fond, que je ne le fais depuis longtemps. »

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Charbon « interne » chez les animaux rendus « porteurs » de spores charbonneuses.* Note de M. G. Sanarelli, présentée par M. Roux.

On sait que les animaux de laboratoire sont très résistants au virus charbonneux administré par la voie buccale. Les lapins et les cobayes peuvent en effet ingérer, sans danger, des cultures entières de bactéridies sporulées.

Cependant, si après avoir infecté par la bouche, au moyen de spores charbonneuses, un certain nombre de lapins, on sacrifie, au bout d'intervalles différents, quelques-uns de ces animaux, on peut constater, déjà après six heures, la présence de spores dans leur appareil respiratoire et souvent aussi dans le foie et l'intestin. Au bout de 24 heures, on peut obtenir des cultures charbonneuses même de la rate.

D'autre part, puisque tous les autres lapins qu'on a gardés comme témoins survivent, cela signifie que les spores charbonneuses peuvent atteindre, à travers la muqueuse intacte, l'intérieur des différents organes sans germer, ni causer le charbon.

La manière dont se comportent les spores charbonneuses injectées dans

les poumons des animaux, a été étudiée par plusieurs auteurs. Mais, jusqu'à présent, les conclusions des nombreuses expériences effectuées dans ce but sont bien incertaines et contradictoires. Malgré tous les expédients imaginés, on n'a jamais pu exclure d'une facon certaine la possibilité de contamination de la blessure trachéale ou des érosions muqueuses, soit durant l'injection, soit durant les opérations nécessaires pour l'introduction du virus dans l'arbre respiratoire. J'ai cependant réussi à introduire les spores charbonneuses dans l'appareil respiratoire des lapins sans infecter la peau, ni produire la moindre érosion des muqueuses.

Si l'on applique l'extrémité d'une petite seringue à l'une des ouvertures nasales d'un lapin en fermant en même temps l'autre narine par la simple pression des doigts, on réussit à projeter dans les fosses nasales et dans les poumons tout le liquide renfermé dans la seringue et contenant des spores charbonneuses. La seringue ne doit pas contenir plus de 2^{cm^3} de liquide et son extrémité à appliquer aux narines doit être protégée par un enbout en caoutchouc, afin d'éviter toute sorte d'érosion.

On effectue de la manière suivante le calcul approximatif du nombre des spores que l'on veut projeter chaque fois dans les poumons.

On émulsionne dans 20^{cm^3} de solution physiologique, une culture charbonneuse, développée pendant trois jours dans l'étuve sur de la gélose maigre, c'est-à-dire préparée avec de l'eau peptonée au lieu de bouillon de viande. De telles cultures sont presque exclusivement constituées par des spores. Chaque goutte de cette émulsion renferme 50000 spores environ. L'émulsion de spores ainsi obtenue se conserve indéfiniment dans la glacière, toujours prête à l'usage.

Si, à travers les voies nasales et de la façon citée, on projette dans l'arbre respiratoire d'un lapin tout le contenu de la seringue (2^{cm^3}), additionné d'une seule goutte de l'émulsion de spores (savoir 50000 spores), le lapin survit. Les phagocytes pulmonaires, macrophages et microphages, s'emparent promptement de toutes les spores et en empêchent la germination; mais si la quantité des spores est double, c'est-à-dire s'il s'agit de 100000 spores (le contenu de 2 gouttes de l'émulsion), l'action des phagocytes pulmonaires, qui n'est pas illimitée, est alors insuffisante pour la défense. Dans ce cas, les spores qui échappent en grande quantité aux macrophages et microphages pulmonaires, germent, envahissent le sang et provoquent la septicémie. Il faut remarquer qu'une quantité même triple de spores, non projetées, mais simplement déposées dans les fosses nasales intactes des lapins, ne produisent pas le charbon.

Les spores projetées dans l'arbre respiratoire à dose mortelle et aussitôt prisonnières des phagocytes pulmonaires sont, par ces derniers, transportées d'abord dans la circulation générale et, ensuite, dans les différents organes où elles s'arrêtent. On peut les y rencontrer même après plusieurs jours, car elles se comportent comme des spores tétaniques que l'on a privées, par des lavages réitérés ou par le chauffage, de leur toxine adhérente; elles demeurent dans un état de vie latente sans pouvoir se développer. Avec le temps, elles sont digérées par les sécrétions cellulaires ou déchargées dans l'intestin. Les spores charbonneuses peuvent, après leur projection dans le poumon, être rencontrées dans cet organe même après 13 jours; dans la rate et dans le foie, après 5 jours.

Mais si, un ou plusieurs jours après la projection dans les poumons d'une dose non mortelle de spores, on injecte dans la rate, dans le foie ou même simplement sous la peau des lapins, une substance douée de propriétés cytolytiques, c'est-à-dire qui provoquent l'altération et la destruction *in situ* des phagocytes sporifères, sans endommager cependant l'organisme et les spores, ces dernières sont mises en liberté. Alors elles germent et produisent la septicémie charbonneuse.

Les substances qui, injectées dans la rate ou dans le foie, peuvent provoquer ces effets sont nombreuses : l'arsenic, la quinine, l'acide lactique, le nucléinate de sodium, le glucose, la peptone, le sang citraté, l'au distillée, les cultures de *Bact. coli* vivantes ou mortes.

Toutefois, pour les injections sous-cutanées, on doit préférer des solutions d'acide lactique à 5 pour 100 (1^{cm^3}).

Chez les lapins d'un poids moyen ($1^{kg},500$-$1^{kg},600$) et rendus, suivant la méthode citée, «porteurs» de spores, il suffit aussi de faire des injections intraveineuses d'abondantes quantités d'eau distillée (70^{cm^3}) ou même simplement de solution physiologique (100^{cm^3}) pour déchaîner sûrement la septicémie charbonneuse.

Si, à travers les voies nasales, on projette dans les poumons de lapins rendus porteurs de spores, 1^{cm^3} de liqueur arsenicale de Fowler ou 2^{cm^3} d'une solution à 5 pour 100 de bromhydrate de quinine (doses inoffensives et bien supportées par ces animaux), on provoque l'apparition de pneumonies lobaires charbonneuses typiques.

Enfin, en élevant chez les lapins rendus porteurs de spores la température du corps moyennant leur séjour dans une chambre-étuve à 37° C., ou même en les soumettant à une ration alimentaire pauvre en eau, c'est-à-dire sans fourrages verts, on obtient le même résultat. Les troubles du métabolisme,

causés par l'hyperthermie et par la diète alimentaire, agissent de telle sorte que les spores, saisies par les phagocytes ou nichées dans les différents organes, recouvrent leur liberté. La germination de ces dernières devient ainsi possible et, de même, le développement de la septicémie charbonneuse.

Ces expériences aident à expliquer la genèse, jusqu'ici fort obscure, du charbon dit « interne » ou « spontané », où le processus morbide se déroule généralement sans manifestations externes, c'est-à-dire sans pustule maligne, chez l'homme, et sans infiltrations œdémateuses des téguments, chez les animaux.

A $16^h 20^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 20 octobre 1924.)

Note de M. *G. Valiron*, Compléments aux théorèmes de Picard-Borel :

Page 742, ligne 10, *au lieu de* $u \geqq 1$, *lire* $u \leqq 1$; ligne 11, *au lieu de* $u \leqq 1$, *lire* $u \geqq 1$; ligne 12, *au lieu de* log, *lire* $\overset{+}{\log}$.

(Séance du 3 novembre 1924.)

Note de M. *Jules Amar*, Marche de la coagulation vitale :

Page 918, ligne 19 en remontant, *au lieu de* acide acétique, *lire* acide citrique.

Note de MM. *E. Gley* et *J. Cheymol*, Présence de l'iode dans le sang veineux de la thyroïde :

Page 930, ligne 21, *au lieu de* nous voyons, *lire* nous croyons.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1924.

Nouvelle carte des zones à grêle du département de la Somme, par H. Duchaussoy. Amiens, éditions du « Progrès agricole », 1924; 1 fasc. 21^{cm}. (Transmis par L. Mangin.)

Les coléoptères bostrychides de l'Afrique tropicale française, par Pierre Lesne. Paris, Les presses universitaires de France, et librairie Paul Lechevalier, 1924; 1 vol. 25^{cm},5.

La flore du Mayombe, d'après les récoltes de M. Georges Le Testu, administrateur des colonies, par Fr. Pellegrin. Caen, E. Lanier, 1924; 1 vol. 28^{cm}. (Présenté par M. H. Lecomte.)

Spedizione italiana de Filippi nell Himàlaià, Caracorùm e Turchestàn cinese (1913-1914). *Le condizioni delle genti*, par Giotto Dainelli. Série II, vol. VIII. Bologna, Nicola Zanichelli, 1924; 1 vol. 31^{cm},5.

Travaux pratiques de physique générale exécutés à l'Institut de physique de la Faculté des sciences de Strasbourg en vue du certificat d'études supérieures de physique générale, par H. Ollivier. Première série. Paris, J. Hermann, 1924; 1 vol. 26^{cm},5. (Présenté par M. A. Cotton.)

Mémoires de l'Office scientifique et technique des pêches maritimes. *Catalogue illustré des animaux marins comestibles des côtes de France et des mers limitrophes, avec leurs noms communs français et étrangers*. Première partie : *Poissons osseux*, par Louis Joubin et Ed. Le Danois. Paris, Ed. Blondel La Rougery, s. d. 1 vol. 18^{cm}.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 NOVEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Chamot**, de Cornell University; M. **Anders Lindstedt**, membre de l'Académie des sciences de Suède; M. **Moser**, professeur de sciences appliquées à Berne, qui assistent à la séance.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le système tétraédrique*. Note de M. **L. Lecornu**.

Lowthian Bell a proposé, en 1875, d'attribuer au sphéroïde terrestre une symétrie analogue à celle du tétraèdre régulier. Cette question a été examinée par de nombreux géologues; mais je ne crois pas qu'on ait entrepris de la soumettre à l'analyse mathématique. C'est ce que je vais essayer de faire ici comme application de la théorie exposée dans ma Note du 3 novembre *Sur la déformation d'une enveloppe sphérique* (1).

Le tétraèdre régulier possède trois axes binaires, perpendiculaires deux à deux, dont chacun joint les milieux de deux arêtes non concourantes; je les prendrai comme axes de coordonnées. Les plans de coordonnées divisent alors la sphère circonscrite au tétraèdre en huit triangles trirectangles, et les quatre sommets du tétraèdre occupent les centres de quatre de ces triangles, répartis de façon à n'avoir aucun côté commun. Si l'un de ces triangles correspond au trièdre positif, les paramètres directeurs du sommet confondu avec son centre sont : $+1, +1, +1$. Ceux des trois

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 853.

autres sommets sont respectivement : $+1, -1, -1$; $-1, +1, -1$, et $-1, -1, +1$.

J'ai fait voir jadis ([1]) qu'avec ce système de coordonnées l'équation générale des surfaces possédant les mêmes plans de symétrie que le tétraèdre est de la forme $F(L, M, N) = 0$, F désignant une fonction indécomposable des trois fonctions simples $L = x^2 + y^2 + z^2$, $M = xyz$, $N = x^4 + y^4 + z^4$. Tel est le cas de la surface obtenue en prolongeant d'une longueur $n = k\,xyz$ (k constant) les rayons d'une sphère ayant son centre à l'origine. Bornons-nous à l'examen de ce cas.

Pour simplifier l'écriture, je ferai égal à l'unité le rayon extérieur de l'enveloppe sphérique. La déformation envisagée consiste à déplacer chaque point de la surface, suivant la normale, de la quantité n, en regardant la constante k comme infiniment petite.

Le carré de la variation de l'élément linéaire est

$$ds'^2 - ds^2 = (2n + n^2)\,ds^2 + dn^2,$$

d'où

$$\beta = \frac{ds'^2 - ds^2}{ds^2} = 2n + n^2 + \left(\frac{dn}{ds}\right)^2.$$

Le minimum β_1 de β se produit pour $\frac{dn}{ds} = 0$ et sa valeur est $2n + n^2$. Le maximum β_2 correspond à celui de $\left(\frac{dn}{ds}\right)^2$ ou $\frac{\left(\frac{\partial n}{\partial \theta} d\theta + \frac{\partial n}{\partial \varphi} d\varphi\right)^2}{d\theta^2 + k^2 \sin^2\theta\, d\varphi^2}$, expression dont le maximum est

$$\left(\frac{\partial n}{\partial \theta}\right)^2 + \frac{1}{k^2 \sin^2\theta}\left(\frac{\partial n}{\partial \varphi}\right)^2 = \Delta^2 n,$$

c'est-à-dire la somme des carrés des dérivées de n par rapport à deux déplacements orthogonaux effectués sur la sphère.

En négligeant les termes d'ordre supérieur à celui de n^2 et admettant que les dérivées de n sont du même ordre que n, on a

$$\beta_1 + \beta_2 = 4n + 2n^2 + \Delta^2 n,$$
$$(\beta_1 + \beta_2)^2 = 16n^2 \qquad (\beta_1 - \beta_2)^2 = 0.$$

Ces valeurs portées dans l'équation (7) de la Note du 3 novembre

---

([1]) *Sur les surfaces possédant les mêmes plans de symétrie que l'un des polyèdres réguliers* (*Acta mathematica*, t. **10**, 1887, p. 201).

donnent, en négligeant an^2 en présence de n^2 et faisant $R = 1$:

(1) $$\Delta w = \nu e \int \sigma(4an + a\Delta^2 n + 2n^2).$$

Le travail de p correspondant à cette variation du potentiel élastique est

(2) $$\mathfrak{T} = -p \int \sigma(n + n^2).$$

En égalant, dans Δw et $\mathfrak{T}$, les termes du premier ordre, on retrouve la condition d'équilibre connue

$$4a\nu e = -p.$$

La condition de stabilité, fournie par les termes du second ordre, est, en tenant compte de cette relation,

(3) $$p \int \sigma(\Delta^2 n - 4n^2) < 8\nu e \int \sigma n^2.$$

En effectuant les intégrations, on obtient, pour la valeur p'_c de la pression critique, l'expression très simple

$$p'_c = \frac{16}{9} \nu e.$$

L'hypothèse de la déformation ellipsoïdale conduit, comme nous l'avons vu, à la pression critique

$$p_c = \frac{\mu + 6\nu}{5} e.$$

En remplaçant ν par sa valeur $\frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + 2\mu}$, il vient :

$$p_c = p'_c \times \frac{171\lambda + 126\mu}{240\lambda + 160\mu}.$$

Ceci montre que p'_c surpasse toujours p_c. Si la substance est assez plastique pour rendre μ négligeable en présence de λ, on a

$$p_c = 0{,}71\, p'_c.$$

La déformation ellipsoïdale doit donc précéder la déformation tétraédrique. Cette conclusion n'est toutefois établie en toute rigueur que pour le genre particulier de déformation tétraédrique que je viens de soumettre au calcul. Elle ne tient pas compte, d'autre part, de la force centrifuge due à la rotation terrestre.

La formule (3) semblerait, dans certains cas, conduire à une pression critique bien inférieure à p_c; c'est ce qui arrive par exemple lorsque n est sensiblement nul, abstraction faite d'un mince bourrelet apparaissant suivant un grand cercle de la sphère. Si, en particulier, ce grand cercle répond à l'équation $\theta = \frac{\pi}{2}$ et si le bourrelet présente partout la même section transversale, en sorte que $\frac{\partial n}{\partial \varphi}$ soit nul, l'équation donne, en négligeant $4n^2$ en présence de $\left(\frac{\partial n}{\partial \theta}\right)^2$,

$$p_c \int \sigma \left(\frac{\partial n}{\partial \theta}\right)^2 = 8\nu e \int \sigma n^2,$$

l'intégration portant seulement sur la région du bourrelet.

Dans ces conditions, p_c tend vers zéro à mesure que $\frac{dn}{d\theta}$ grandit par rapport à n. Mais ce raisonnement n'est pas légitime :

1° Parce que nous avons expressément supposé plus haut que les dérivées de n sont du même ordre de grandeur que n;

2° Parce que le procédé employé dans la Note du 3 novembre pour calculer Δw exige que la déformation ne produise nulle part une courbure excessive.

Revenant à la déformation ellipsoïdale, je rappelle que j'ai traité la question en attribuant aux points de la sphère des déplacements qui, abstraction faite des points placés sur les axes de l'ellipsoïde, ne sont pas normaux à cette sphère. La formule (3) de la présente Note permet de traiter aisément le cas des déplacements normaux. Il suffit, en appelant ξ, η, ζ trois constantes infiniment petites, de faire n égal à $\xi x^2 + \eta y^2 + \zeta z^2$. On trouve alors, pour la pression critique, la valeur $2\nu e$, supérieure, cette fois, à celle qui amènerait la déformation tétraédrique, et plus grande *a fortiori* que la pression critique correspondant à la déformation ellipsoïdale étudiée en premier lieu. C'est donc, en définitive, celle-ci qui doit se produire réellement.

Il est essentiel d'ajouter qu'une fois le phénomène ainsi amorcé, nous ne sommes pas en mesure de décider ce qui se passe pendant que la déformation se poursuit de façon à acquérir une amplitude finie.

IMMUNOLOGIE. — *Le pouvoir bactériolytique du colostrum et du lait.* Note [1] de M. J. et M^lle M. **Bordet**.

Il est bien reconnu qu'il est dangereux d'éloigner du sein maternel l'enfant qui vient de naître et de lui donner du lait stérilisé par la chaleur. Dès 1905, Jensen avait constaté que les veaux meurent presque toujours d'entérite lorsque dans les premiers jours de la vie on les nourrit de lait bouilli en les privant du colostrum. Plus récemment, Th. Smith et Little [2] expriment l'opinion que le colostrum doit renfermer un élément capable de protéger contre les bactéries le jeune animal, lequel, très sensible au début, se défend mieux dans la suite au fur et à mesure que s'accroît la puissance de ses sucs digestifs et que les facteurs d'immunité se développent. On sait d'ailleurs que la fonction digestive est à peine ébauchée au moment de la naissance, et que le colostrum est résorbé sans avoir subi de modification notable; au surplus, par la nature de ses albuminoïdes, il se rapproche davantage du sérum que du lait et notamment se coagule en bloc par le chauffage vers 65°; si le sang de la mère contient des anticorps, ces principes passent dans le colostrum et sont résorbés chez le veau qui a ingéré ce liquide; Th. Smith et Little ont reconnu qu'on réussit à conserver les veaux si on leur administre du sérum maternel au lieu de colostrum.

Puisqu'il est destiné à être résorbé tel quel, il faut évidemment, pour que son ingestion ne détermine pas d'accidents, que le colostrum soit un milieu peu propice à la culture des bactéries; il doit être doué d'un pouvoir antiseptique suffisant à le protéger tout au moins contre les germes banaux qui viennent inévitablement le souiller et notamment contre les microbes de l'air.

L'activité microbicide que de nombreuses recherches ont reconnue au lait frais, tout en étant réelle, ne semblait pas, d'après les expériences antérieures, être vraiment énergique. Mais il convient d'observer qu'en général ces expériences ont porté sur des microbes doués d'une certaine virulence. Cette remarque peut au surplus s'appliquer à la plupart des recherches entreprises autrefois par les spécialistes de l'immunité concernant le pouvoir bactéricide des humeurs chez les animaux neufs : on a eu le tort d'employer presque toujours des bactéries plus ou moins pathogènes, lesquelles, ainsi qu'on le conçoit *a priori*, doivent se montrer nettement

---

(1) Séance du 27 octobre 1924.

(2) *Journal of experimental Medicine*, vol. 36, n° 2, 1922, p. 181-198.

rebelles aux principes microbicides humoraux, puisque les germes qui n'y résistent pas ne sauraient s'implanter dans les tissus et sont par conséquent inoffensifs. Pour que l'organisme neuf puisse venir à bout des microbes réputés pathogènes, et qui sont jugés tels parce qu'ils s'acclimatent aisément dans les humeurs, une intervention particulièrement active et énergique, celle de l'inflammation avec l'acte essentiel qu'elle comporte, la phagocytose, est indispensable. Mais on conçoit d'autre part qu'un nombre considérable d'espèces microbiennes qui peuplent notre ambiance, et dont à chaque instant nous subissons impunément le contact, soient dépourvues de virulence, précisément parce qu'elles sont promptement tuées par les humeurs.

Il fallait donc rechercher comment le colostrum agit sur les germes banaux de l'atmosphère. On obtient aisément une dizaine d'espèces en repiquant les colonies qui, en boîte de Petri, se développent sur une surface de gélose que l'on a exposée aux poussières de l'air. Ces cultures sont pour la plupart bien sensibles à l'influence bactéricide du colostrum, mais nous avons naturellement sélectionné celles qui, étant le plus vulnérables, se comportent comme les réactifs les plus délicats. Citons notamment un grand bacille (microbe D) de taille fort semblable à celle de la bactéridie charbonneuse, produisant sur gélose une couche grisâtre épaisse; un bacille (microbe E) plus gros et plus long encore que le précédent, donnant aussi sur gélose une culture très abondante; un gros coccobacille (microbe H) prenant sur gélose une belle teinte orange; un coccus blanc de taille moyenne (microbe I). Nous avons employé surtout le microbe D.

Vis-à-vis de ces espèces, le colostrum manifeste un pouvoir lytique d'une puissance vraiment formidable. Dans un tube contenant 1 à 2^{cm^3} d'une suspension bien épaisse et opaque obtenue par délayage en solution physiologique ou en bouillon d'une culture sur gélose âgée de 24 heures, il suffit d'introduire une goutte de colostrum (qu'on a eu soin de centrifuger afin d'éliminer les globules gras), pour que le liquide s'éclaircisse au point de devenir presque transparent. Cette clarification est déjà très manifeste après quelques minutes, surtout si les tubes sont portés à une température voisine de 40°. Des doses infiniment moindres de colostrum, variables bien entendu avec la densité de la suspension, peuvent provoquer encore une lyse perceptible au bout de quelques heures. C'est le microbe D qui s'éclaircit le plus promptement; le microbe H se clarifie un peu plus lentement, mais plus complètement encore dans la suite : la suspension peut devenir parfaitement limpide.

Le microscope montre que les microbes se réduisent à des ombres

diaphanes peu colorables, qui se résolvent ensuite en granulations indistinctes. La propriété de se colorer par la méthode de Gram, fort prononcée notamment chez le microbe H, disparaît très rapidement.

Une technique, très démonstrative aussi, consiste à déposer vers le centre d'une surface de gélose qui, une heure auparavant a été ensemencée sur tous ses points de microbes sensibles, une gouttelette de colostrum que l'on introduit suspendue à l'extrémité d'une mince tige de verre, et que l'on guide en strie jusqu'au fond du tube. On porte ensuite le tube à l'étuve. Le long de la traînée ainsi mouillée de colostrum, aucun développement microbien ne s'observe, la gélose reste nue. Toutefois, quelques colonies apparaissent parfois sur cette strie, mais très tardivement, aux dépens de quelques microbes qui ont survécu. On peut, en tenant compte du nombre de ces colonies et de la précocité de leur apparition, comparer la sensibilité des divers microbes.

Les nombreux échantillons de colostrum que nous avons pu obtenir à la Maternité, grâce à l'obligeance de M. le Dr Weymeersch, et qui, recueillis avant la première tétée, provenaient de femmes accouchées depuis 10 à 24 heures, se sont tous comportés de même. Au surplus, le pouvoir lytique se maintient intégralement lorsque le colostrum est remplacé par la sécrétion lactée proprement dite : nous avons constaté un fort pouvoir lytique dans le lait de femmes accouchées depuis un et demi, deux et trois mois.

Qu'il s'agisse du colostrum ou du lait, le pouvoir de clarifier les suspensions, si intense à l'égard de nombreux microbes de l'air, ne se manifeste que d'une façon imperceptible ou nulle vis-à-vis de divers échantillons de *B. coli*, du bacille typhique, du vibrion cholérique. Le *B. coli*, on le sait, est fréquemment nocif pour l'enfant : il est un facteur important d'entérite.

Ces constatations relatives au colostrum et au lait offrent de frappantes analogies avec celles qui ont été signalées, concernant les larmes, le mucus nasal de l'homme et le blanc d'œuf, par Fleming, Fleming et Allison (1), dans une série de remarquables travaux. Ces liquides lysent très énergiquement diverses bactéries, notamment un microbe trouvé dans les fosses nasales, et que ces auteurs ont nommé *micrococcus lysodeikticus* L'activité que nous reconnaissons au colostrum et au lait est vraisemblablement due à un principe fort semblable. Opérant sur nos microbes isolés de l'air, nous avons procédé à des essais comparatifs sur le blanc d'œuf et le colostrum

(1) *Proc. Royal Society, Series* B, vol. 93, 1922, p. 306, et vol. 94, 1922, p. 142; vol. 96, 1924, p. 171; *The Lancet*, vol. 1, 1924, p. 1303.

ou le lait. Or, les microbes les plus sensibles au colostrum sont également ceux que le blanc d'œuf lyse le mieux. Comme celui du blanc d'œuf, le pouvoir lytique du colostrum résiste au chauffage à 56° pendant une demi-heure. Chauffé vers 62°, le colostrum subit un début de coagulation, devient visqueux, mais est encore actif; chauffé à 68° (température à laquelle le colostrum se prend en bloc solide), le lait n'agit plus que faiblement; le chauffage à 100° le rend totalement inactif. L'influence de la chaleur sur le blanc d'œuf, étudiée par les auteurs anglais, est fort semblable. Ces auteurs ont vu que les suspensions microbiennes qui se lysent sous l'action du blanc d'œuf ont une tendance à devenir visqueuses. Ce fait s'observe aussi quand on emploie le colostrum ou le lait; notre microbe I notamment le présente d'une manière frappante; les suspensions acquièrent en se lysant la consistance d'une gelée, les microbes libérant une substance glaireuse qu'il serait intéressant d'étudier. Recueilli sans précautions, le colostrum ne se maintient pas définitivement stérile : on y trouve souvent un coccus blanc qui résiste à l'influence lytique aussi bien du blanc d'œuf que du colostrum.

Le chauffage vers 65°, ou *a fortiori* le chauffage à 100°, diminue beaucoup, sans toutefois la supprimer totalement, l'aptitude des microbes à être lysés par le colostrum, le lait ou le blanc d'œuf.

Fleming et Allison pensent que les microbes qui ont survécu au contact des larmes ou du blanc d'œuf fournissent des cultures plus résistantes. Sans contester que cette accoutumance soit possible, nous avons l'impression, au moins pour ce qui concerne nos microbes, qu'elle doit être très difficile à obtenir. Après plusieurs passages dans le blanc d'œuf ou le lait, ces germes se montrent encore bien lysables.

Nous avons tenté d'obtenir, en immunisant des lapins contre le blanc d'œuf ou le colostrum de femme, des sérums capables de neutraliser le principe lytique. Jusqu'ici, nos résultats ont été négatifs, malgré l'apparition, chez les animaux traités, d'anticorps précipitants.

Comme Fleming et Allison l'ont vu, le suc de nombreux organes et le sang possèdent également une activité lytique, beaucoup moins prononcée à vrai dire, mais qui semble due au même principe et résiste également au chauffage à 56°. Leurs expériences concernant le pouvoir lytique si marqué des larmes et du mucus nasal sont relatives surtout à l'homme; ils pensent que cette propriété est beaucoup moins accusée chez les animaux et notamment ne la retrouvent guère dans la sécrétion lacrymale du lapin. Signalons en passant que les larmes du lapin lysent très énergiquement nos microbes.

Ainsi l'œil se maintient bactériologiquement propre bien qu'incessamment exposé aux poussières. Sans qu'il y ait lieu de rechercher ici dans quelle mesure le physiologiste doit s'inspirer de préoccupations finalistes, il va sans dire que les fonctions physiologiques sont en général admirablement appropriées et répondent aux prévisions de la logique. *A priori*, la sécrétion lacrymale doit pouvoir détruire les microbes qui viennent la contaminer, mais cette propriété n'aurait guère de raison d'être dans l'humeur aqueuse, que le rempart cornéen protège contre les souillures extérieures. Or, l'expérience montre en effet qu'une trace de larmes de lapin suffit à lyser un volume relativement énorme de suspension microbienne, tandis que, même à forte dose, l'humeur aqueuse du même animal est tout à fait inactive.

Ajoutons que le sérum de cet animal exerce une influence lytique bien perceptible quoique fort inférieure à celle des larmes; on peut penser que la substance active, déjà présente dans le sang, est extraite et concentrée par les glandes lacrymales.

L'exsudat péritonéal normal du cobaye et du lapin (celui du lapin notamment) est nettement moins actif que le sérum. Cependant l'examen au microscope de l'exsudat peu après l'inoculation intrapéritonéale de nos microbes vulnérables ne laisse aucun doute quant à l'efficacité défensive du principe lytique humoral. Très rapidement, les microbes injectés se réduisent à des ombres, ils semblent se vider, perdent leur colorabilité et s'effacent dans le liquide avant toute intervention des phagocytes.

Joints à ceux de Fleming et Allison, nos résultats corroborent la notion que la protection de l'organisme normal est assurée par une double enceinte, et que le rempart extérieur, qui à lui seul suffit déjà à arrêter de nombreux ennemis, est représenté par l'activité lytique des humeurs et notamment des sécrétions fort exposées aux contaminations. Les germes qui parviennent à le franchir et qui de la sorte s'imposent davantage à notre attention, se heurtent alors à la seconde défense, que la phagocytose caractérise, et où se livre le combat décisif. Bien entendu, le tableau se complique, particulièrement chez les animaux immunisés, de l'intervention des divers anticorps et de leur collaboration avec la phagocytose par le mécanisme de l'opsonification.

GÉOLOGIE. — *Les dépôts fluvio-glaciaires de la rive méridionale du lac Léman et leur régime hydrologique (Évian, Amphion, Thonon).* Note [1] de M. **W. Kilian.**

Les formations quaternaires de la région de collines et de plateaux qui s'étagent au sud du lac Léman en gradins successifs aux environs d'Évian, Neuvecelle, etc., pour atteindre une altitude voisine de 1000^{m}, présentent plusieurs complexes distincts, à savoir :

I. Dans les environs de Thonon, un delta récent de la Dranse et des terrasses qui ont été étudiées d'une façon remarquable en 1904, par M. Ch. Jacob [2].

II. Un ensemble situé en arrière du précédent, s'élevant à des altitudes plus grandes et qui comprend :

a. Des dépôts glaciaires très argileux à cailloux striés et blocs alpins variés, disposés en gradins irréguliers (Évian, Neuvecelle, Thonon) plongeant d'une part dans le lac à Évian et formant d'autre part au Sud à plus de 800^{m}, les plateaux de Saint-Paul, Bernex. M. Jacob y a distingué un *Glaciaire inférieur* et un *Glaciaire élevé*.

b. Ces formations nettement glaciaires recouvrent d'un *manteau imperméable*, parfois fort épais, des *cailloutis* fluviatiles et torrentiels, contenant de puissantes masses *sableuses;* certaines assises inférieures de cet ensemble de cailloutis sont cimentées en poudingues et bien connues sous le nom de *poudingues de la Dranse*. Elles représentent, comme l'a montré M. Ch. Jacob, un ancien cône de déjections interglaciaire et leurs assises s'inclinent vers le lac Léman dans le voisinage duquel elles sont recouvertes par les argiles glaciaires imperméables dont il vient d'être question. Cette superposition se voit nettement en montant la route du Pont-des-Français à Féternes, ainsi que dans la vallée de la Dranse de Bernex.

---

(1) Séance du 17 novembre 1924.

(2) Les *Poudingues de la Dranse* ont été étudiés en 1903 par M. Ch. Jacob (Note sur les terrains de transport des environs de Thonon-les-Bains (Haute-Savoie) (avec planche et carte) (*Annales de l'Université de Grenoble*, t. **16**, 1904, n° 2, p. 281, et *Trav. Lab. de Géol. de la Faculté des Sc. de Grenoble*, t. 7, 1902-1903, p. 116). M. Ch. Jacob assigne provisoirement à ces poudingues un âge interglaciaire *antéwürmien*. Je crois devoir les attribuer à une phase *postérieure au Würmien* et *antérieure au Néowürmien*. Cette opinion se rapproche de celle de M. Aeberhardt que M. Jacob serait d'ailleurs tenté d'adopter aussi.

L'âge des dépôts glaciaires et morainiques (*a*) ne peut être que *postwürmien*; les dernières moraines würmiennes de retrait (*Würm. II*) occupant, en aval du Léman, au Mont de Sion et au Grand Credo, près de Bellegarde ([1]), une altitude nettement supérieure, et le complexe dont il s'agit ici, équivalent (par continuité) du Glaciaire des Dranses, se montrant *emboîté*, en *contre-bas*, dans le Würmien, à Léaz, près de Bellegarde. C'est donc à l'époque *néowürmienne*, définie par moi en 1911 ([2]) qu'il convient de rattacher les formations morainiques des environs d'Évian, de Féternes, Maraiche, Saint-Thomas, etc.

Les différents gradins que dessinent ces formations correspondent à des *phases de retrait* du glacier néowürmien qui occupait l'emplacement actuel du lac. Quant au système torrentiel et fluviatile (*b*) (Poudingues de la Dranse) que recouvrent ces dépôts, il semble dater d'une *phase interglaciaire postwürmienne* et antérieure au Néowürmien.

Les « basses terrasses » des environs de Thonon correspondent, d'autre part, à la fin du Néowürmien ou à une époque plus récente encore.

Un certain nombre de venues d'eau faiblement minéralisées, mais de composition remarquablement constante, dont les plus connues sont celles d'Évian, se font remarquer le long de la rive sud du Léman, au sein de ces formations fluvio-glaciaires ; leur présence témoigne d'un régime hydrologique spécial qui paraît être le suivant :

La source Cachat, comme un certain nombre d'autres sources minérales autorisées d'Évian, prend naissance dans les dépôts *fluvio-glaciaires* du terrain pléistocène (quaternaire), dans lesquels elle a été captée au moyen de galeries qui ont été refaites et étendues en 1911 par M. l'ingénieur Guau. Les observations faites au cours de ces travaux de captage, les photographies et échantillons de terrain recueillis à ce moment et que j'ai examinés, ainsi que les conditions de débit et de pression dans lesquelles se présentent les eaux de la source Cachat, conduisent nécessairement à admettre l'existence dans ces formations pléistocènes de *deux complexes très différents*, à savoir :

A. Un manteau protecteur de boue grise glaciaire, argileuse, très *imperméable* et contenant des cailloux et blocs *striés* d'origine indubitablement glaciaire (j'en ai constaté la présence dans les échantillons recueillis en 1911, au cours de la réfection des captages); cette assise constitue une sorte de « magma pâteux », souvent assez consistant.

B. Des sables fins (formés surtout de grains de quartz et de paillettes de mica) et cailloutis sableux perméables et aquifères, d'origine *fluviatile* et torrentielle, que les

([1]) Voir W. KILIAN, *Zeitschr. für Gletscherkunde*, t. 6, 1911, p. 31-67.
([2]) *Bull. Soc. Géol. de France*, 4e série, t. 11, 1911, p. 33-38.

travaux de captage de la source Cachat ont atteint sur plusieurs mètres et permis d'étudier en arrière des argiles glaciaires précitées qui les recouvrent d'un revêtement étanche. En certains points localisés dans les flancs du gradin sur lequel est bâtie une partie de la ville d'Évian, l'érosion n'a laissé subsister qu'une *épaisseur relativement mince du manteau d'argile* glaciaire à travers les fissures duquel sourdent plusieurs sources provenant des sables aquifères. Les travaux de captage de la source Cachat ont percé cette « cuirasse naturelle » d'argile et ont pénétré dans les sables B, dans lesquels la présence de l'eau sous *pression* a été constatée, ce qui a permis de relever le griffon des sources.

Diverses *hypothèses* ont été admises pour expliquer l'origine des eaux d'Évian :

1. Léon Janet attribuait à l'existence d'une *faille*, ou surface de chevauchement, existant en profondeur sous les dépôts glaciaires, la « remontée » des eaux d'Évian. Bien que cette ligne de discontinuité existe réellement et fasse apparaître les Gypses triasiques en contact avec les dépôts du Flysch tertiaire à Armoy, cette théorie ne rend compte ni de la faible minéralisation, ni de la température peu élevée (11°,5) des sources d'Évian qui devraient, si elles avaient cette origine, être séléniteuses et thermales.

2. D'autres géologues, plus nombreux (M. Révil, par exemple) voient l'origine des eaux d'Évian dans une *lentille* ou *intercalation sableuse* des argiles morainiques, dans laquelle les eaux auraient subi une filtration parfaite et acquis leur minéralisation.

Cette dernière conception, si elle rend compte de la nature et du faible degré de minéralisation alcaline des sources en question, est, par contre, *impuissante à expliquer leur débit considérable*, leur alimentation et la *pression notable* qu'elles accusent en profondeur (Galerie de captage de Cachat).

3. Enfin, l'opinion qui attribue aux *glaciers actuels* une action sur l'alimentation des sources d'Évian ne mérite ni d'être discutée, ni d'être prise en considération.

L'histoire géologique des phénomènes dont la succession a produit la disposition actuelle des divers terrains qui déterminent l'alimentation et la formation des sources minérales d'Évian, peut être reconstituée de la façon suivante (elle seule permet d'ailleurs d'expliquer simultanément la constance de composition, la nature et la faible minéralisation, l'importance du débit et la pression constante des eaux à la source Cachat).

Au cours de la seconde moitié de la période quaternaire, il s'est formé, sous l'effet de la fonte des glaciers, pendant une de leurs phases de retrait (épisode interglaciaire), dans le bassin inférieur des Dranses, un grand *cône de déjections*, à une époque où la cuvette du lac Léman était occupée par une nappe d'eau dont le niveau était plus élevé qu'il ne l'est actuellement. Cet ancien cône de déjections est constitué par une série puissante de lits et d'assises irrégulières de cailloux, de sables, de graviers, en couches

inclinées vers le lac et dont les plus basses se sont depuis lors cimentées en poudingues.

Plus tard, eut lieu un retour offensif des glaciers (*Glaciation néowürmienne*), qui envahit la région et y déposa des moraines; le cône de déjections fut recouvert d'un *manteau* imperméable et étanche d'argile à cailloux striés (moraine de fond) qui emprisonne en quelque sorte et *maintient sous pression* les eaux provenant des infiltrations d'amont qui imbibent les lits sableux de l'ancien cône de déjections interglaciaire.

Enfin, le glacier s'est retiré définitivement, abandonnant la cuvette du Léman qu'il avait creusée et tapissée de moraines de fond et sur ses bords les traces de ses stades successifs, sous forme des gradins cités plus haut, dont le plus élevé (« Glaciaire élevé » de M. Jacob) représente son extension maxima, alors que les gradins inférieurs (« Glaciaire inférieur » de M. Jacob) correspondent à ses réductions successives.

Pendant le long parcours qu'ont effectué les eaux dans les sables et graviers de l'ancien cône de déjections protégé par sa couverture imperméable d'argiles glaciaires, elles ont subi une filtration parfaite et, à la faveur de l'acide carbonique qu'elles contenaient en dissolution, comme toutes les eaux météoriques, elles ont emprunté en outre aux éléments divers qui forment ces cailloutis [roches granitiques et éruptives décomposées, riches en silice et en *principes alcalins* mis en liberté par la kaolinisation (transformation des feldspaths en silicates alumineux hydratés), calcaires, dolomies et même débris d'argile triasique *salifère* et de gypse] les corps qui constituent les *Carbonates alcalins* caractérisant leur minéralisation, d'ailleurs très faible, mais très spéciale, ainsi que la silice et les traces de sodium et de chlore qui y ont été décelées.

Le mécanisme des réactions chimiques qui s'opèrent en présence des silicates hydratés et alumineux, des calcaires, et de l'eau sous pression chargée d'acide carbonique, constitue un problème assez complexe, que je ne puis qu'indiquer ici et qu'il y aurait certainement intérêt à étudier dans ses détails.

Les explorations que j'ai faites montrent d'ailleurs avec évidence que les formations morainiques (argiles imperméables à blocs et cailloux striés), qui forment le manteau protecteur des sables aquifères, laissent apparaître *sous elles* une grande épaisseur de cailloux et de graviers *perméables* fluviatiles [sablière entre chez Bochet et Grange-Blanche (Vallée de Bernex)] et des poudingues dits « *poudingues de la Dranse* », tantôt compacts et cimentés, tantôt caverneux ou sableux, puissant complexe pouvant atteindre

plusieurs centaines de mètres dans la vallée inférieure des Dranses où il est facile de l'étudier.

Ces graviers, sables et conglomérats recouvrent en discordance les terrains plissés (Trias, Jurassique, Tertiaire) et leurs saillies et *masquent complètement la ligne de contact anormal* que L. Janet considérait comme si importante pour la genèse des sources minérales d'Évian.

Il se peut, bien que je juge la chose très peu probable, que cette « faille » contribue partiellement, dans une faible mesure, à alimenter en eau le complexe sableux; mais en tout cas, elle ne pourrait influencer et imbiber que les assises inférieures des poudingues de la Dranse et leur amènerait des eaux séléniteuses très riches en sulfate de chaux, provenant des gypses qu'elle fait afffeurer à Armoy.

La teneur *très faible* en sulfate de chaux des eaux d'Évian ($16^{mg},3$ par litre en SO^4Ca) et en particulier de celles de la source Cachat, malgré l'existence en profondeur sous le plateau de Vinzier-Saint-Paul de grandes masses de gypses, s'explique, par contre, tout naturellement si l'on admet que *les eaux d'Évian sont issues des sables et graviers constituant les couches supérieures de l'ancien cône de déjections des Dranses*, qui succèdent aux poudingues vers le Nord et présentent une consistance plus meuble et une bien plus grande perméabilité. Ces couches se montrent d'ailleurs nettement inclinées au Nord vers le Lac, sous leur couverture imperméable et protectrice de boues glaciaires.

La présence de quantités d'eau suffisantes pour alimenter le *débit considérable* constaté pour la source Cachat et pour l'ensemble des sources d'Évian, et l'existence d'une *pression déterminant leur émergence à travers les boues glaciaires*, ainsi que de celle que les travaux de captage de la source Cachat ont mise en évidence, s'expliquent tout naturellement par l'altitude et l'étendue des affleurements des cailloutis, sables et poudingues aquifères dans le bassin de la Dranse de Bernex à Chevenoz (Bernex, 880^m), ainsi qu'au sud de la Plantaz (altit. 711^m), de Vougron et de Féterne (693^m), et en outre par les infiltrations qui doivent nécessairement se produire le long des surfaces de discontinuité existant au contact des roches en place et des formations fluvio-glaciaires, par exemple au pied du mont César, au mont Bénant, etc., à des altitudes supérieures de 400 à 500^m et plus à celle d'Évian.

Les sables et poudingues aquifères de la Dranse passent d'ailleurs, en amont de Chevenoz ainsi qu'au mont Bénant, à des formations glaciaires morainiques.

MÉCANIQUE. — *Un curieux théorème de Métrologie et ses applications à la Chronométrie.* Note [1] de M. **Jules Andrade**.

I. L'outil de l'investigation qui va être décrite brièvement est l'ensemble de ressorts réglants qui se succèdent régulièrement dans un ruban héli-

[1] Séance du 17 novembre 1924.

coïdal découpé en 8 tronçons égaux et de même orientation, sur un ressort hélicoïdal primitif dont l'étendue angulaire est de $8\left(2n+\frac{1}{2}\right)\pi$, pour $n=16$.

Envisageons d'abord les quatre premiers tronçons se succédant dans l'ordre suivant, et tour à tour travaillant négativement, ou positivement d'un étage à l'autre.

Nous schématisons ici le quadruple inférieur $\overset{-}{S}_0\overset{+}{S}_1\overset{-}{S}_2\overset{+}{S}_3$ dont les éléments apparaissent comme ci-dessous dans l'ordre des étages d'appuis 0, 1, 2, 3 :

$\overset{+}{S}_3$ ressort ouvert ou positif ⟶ dont la virole V_3 au repos, W_3 pour l'écart u,
dont le piton inférieur q_3 coïncide avec q_2 à l'étage 3;

$\overset{-}{S}_2$ ressort fermé ou négatif ⟶ dont le piton supérieur q_2 est à l'étage 3,
dont la virole V_2, à l'étage 2, au repos est en W_2 après l'écart u au point mort;

$\overset{+}{S}_1$ ressort ouvert ⟶ et dont la virole V_2 à l'étage 2 est en V_1 au repos et en W_1 après l'écart u du balancier,
dont le piton inférieur q_1 coïncide avec q_0 sur l'étage 1;

$\overset{-}{S}_0$ ressort inférieur fermé ⟶ à l'étage 1 ayant son piton supérieur q_0,
à l'étage zéro, V_0 sa virole au point mort, de position W_0, après l'écart u du balancier.

En prolongeant supérieurement ce quadruple inférieur, nous aurions dans le sens ascendant :

$\overset{-}{S}_4$ dont la virole inférieure W_4 coïncide avec W_3, puis $\overset{-}{S}_5$, puis $\overset{+}{S}_6$, puis $\overset{+}{S}_7$; mais ce quadruple supérieur uni à son bâti cylindrique fictif, envisagés comme un solide, subit une rotation d'un demi-tour autour de son horizontale d'étage moyen, parallèle au plan commun des pitons.

Cet *octuple* possède la remarquable propriété suivante : si l'on admettait dans chacun des ressorts l'hypothèse dite des techniciens pour la formation de la composante longitudinale élastique sur chaque virole, l'ensemble des pressions élastiques transverses sur les viroles y compris les couples d'encastrements longitudinaux aux viroles se détruisent.

En effet dans chaque quadruple, inférieur ou supérieur renversé, on observe que :

Les ressorts étagés de deux en deux se déduisent par rapport aux bâtis

d'une translation suivie d'un demi-tour et les couples longitudinaux d'encastrement dans les ressorts à déplacement similaires mais tournés d'un demi-tour s'équilibrent d'eux-mêmes; quant aux couples longitudinaux des pressions complémentaires longitudinales ou des pressions transverses, estimés par les règles graphiques de Poinsot, ces chaînes de couples se détruisent; cette démonstration synthétique est facile.

Or, lorsque les pressions longitudinales complémentaires sur les viroles sont quelconques, on peut d'abord leur attribuer l'hypothèse des techniciens, sauf à ajouter des forces longitudinales convenables dans deux ressorts similaires d'un même quadruple; celles-ci se doublent par une composante longitudinale axiale; or celle-ci et son analogue sur le quadruple supérieur renversé s'équilibrent.

Ainsi donc l'hypothèse des techniciens ne joue aucun rôle dans l'octuple particulier des ressorts que nous venons de définir.

II. L'octuple que nous venons de considérer est donc libre de toutes pressions génératrices de frottements; en revanche, d'après les propriétés de chacun des doublets sinusoïdaux qui composent l'octuple il fournira autour de l'axe vertical d'oscillation un couple transverse pur dont le moment est

$$8 . \frac{\mathrm{EI}}{\mathrm{R}^2\mathrm{P}^2}\left(1 + \frac{4}{\mathrm{P}^2}\right)u \qquad \text{(au millionième près).}$$

III. Une balance à flotteur actionnée par un *octuple libre* permet ainsi l'étude d'un spiral cylindrique isolé, pourvu que l'on ait son double.

Ces deux derniers sont placés sur le système oscillant de manière que le premier et ses attaches étant normalement placés, la position du second résulte de celle du premier par translation axiale suivie d'un demi-tour; en prenant la translation assez grande, le couple longitudinal aura grand bras de levier; la force élastique axiale s'apprécie par l'addition ou la suppression d'un lest axial, et le moment longitunal dû au couple des forces transverses, calculable par les formules déduites de la méthode de Résal-Caspari, est aussi mesuré par des déplacements de poids sur deux axes rectangulaires du flotteur.

IV. En résumé, notre méthode par groupes de ressorts associés, bien loin de dépendre de l'hypothèse des techniciens, achèvera les déterminations expérimentales capables de suppléer au silence d'une méthode efficace d'intégration qui se fait encore attendre.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. L.-M. Planet, intitulé : *Les Longicornes de France*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **De Launay** offre à l'Académie un exemplaire de l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Le Grand Ampère*. Ce Livre, consacré à la gloire de l'illustre physicien, a été écrit en grande partie au moyen de documents inédits conservés dans les Archives de l'Académie, en y joignant d'autres documents légués autrefois par Jean-Jacques Ampère. On assiste ainsi au développement d'une œuvre admirable et l'on comprend l'enchaînement logique d'efforts qui pouvaient sembler d'abord dispersés dans les sens les plus divers, algèbre, chimie, physique, philosophie et même histoire naturelle. Notamment, les travaux chimiques d'Ampère, que le rayonnement de ses découvertes en électrodynamique avait un peu rejetés dans l'ombre, se trouvent remis à leur plan, ainsi que ses longues recherches sur la classification des sciences.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **É. Picard**, **E. Fournier**, pour la division des Sciences mathématiques; MM. **H. Le Chatelier**, **L. Mangin**, pour la division des Sciences physiques; MM. le maréchal **F. Foch**, **M. d'Ocagne**, pour la division des Académiciens libres, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place vacante parmi les Académiciens libres par le décès du Prince *Bonaparte*.

CORRESPONDANCE.

M. **A. Fowler**, Secrétaire général, annonce à l'Académie que la seconde Assemblée générale de l'*Union astronomique internationale* se tiendra à Cambridge, Angleterre, du 14 au 22 juillet 1925.

MM. **François Bassères**, **Paul Michel**, **Georges Mouriquand**, **Raymond Moussu**, **André Paillot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Dottore Filippo de Filippi. *La spedizione di Sua Altezza reale il* Principe Luigi Amedeo di Savoia, Duca degli Abruzzi *al monte Sant' Elia (Alaska)*, 1897.

2° S. A. R. il Principe Luigi Amedeo di Savoia, Duca degli Abruzzi. *La spedizione nel Karakoram e nell' Imalaia occidentale* 1909. *Relazione del Dott.* Filippo de Filippi.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation des équations linéaires aux différences finies.* Note [1] de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

Soit Γ un groupe proprement discontinu dans le plan de la variable complexe x, déduit d'un nombre fini de substitutions linéaires

$$S_\mu = \frac{\alpha_\mu x + \beta_\mu}{\gamma_\mu x + \delta_\mu} \qquad (\mu = 1, 2, \ldots, p) \tag{1}$$

entre lesquelles il n'existe aucune relation de la forme

$$S'_{k_1} S'_{k_2} \ldots S'_{k_\nu} = 1.$$

Nous adjoignons à chacune de ces substitutions un système d'équations

$$f_i[S_\mu(x)] = \sum_{k=1}^{n} R_{i,k}^{(\mu)}(x) f_k(x) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{2}$$

où les $R_{i,k}^{(\mu)}(x)$ désignent des fonctions rationnelles de x. Ces équations peuvent être regardées comme une généralisation des équations linéaires et homogènes aux différences finies, lesquelles correspondent au cas particulier où le système (1) se réduit à la substitution unique $x' = x + \omega$.

[1] Séance du 17 novembre 1924.

D'autre part, les équations (2) contiennent comme cas particulier celles qui définissent les fonctions zétafuchsiennes de Poincaré.

Nous nous bornerons ici aux groupes dont le domaine fondamental est limité par un nombre pair quelconque des cercles, extérieurs les uns aux autres, ainsi qu'aux groupes à cercle principal dont le domaine fondamental a tous ses angles égaux à zéro. Pour tous ces groupes on peut démontrer l'existence de solutions analytiques des équations (2) à l'aide de certaines séries, généralisant les séries zétafuchsiennes de Poincaré.

Soit en effet

$$(3) \qquad f_i(x) = \sum_{k=1}^{n} \overline{R}_{i,k}^{(S)}(x) f_k(S) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

le système inverse du système (2) correspondant à une substitution arbitraire S de Γ. En désignant par

$$(4) \qquad H_1(x), \quad H_2(x), \quad \ldots, \quad H_n(x),$$

des fonctions rationnelles restant bornées aux points singuliers de Γ, formons les séries

$$(5) \qquad \xi_i(x) = \sum_{S} \sum_{k=1}^{n} \overline{R}_{i,k}^{(S)}(x) H_\nu(S) \left(\frac{dS}{dx}\right)^m \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où m est un nombre entier positif. Il est facile de vérifier que ces séries satisfont formellement aux équations

$$(6) \qquad \xi_i(S) = \sum_{k=1}^{n} R_{i,k}^{(S)}(x) \xi_k(x) \left(\frac{dS}{dx}\right)^{-m},$$

S étant une substitution quelconque du groupe Γ. En supposant ces séries uniformément et absolument convergentes, elles définiront un système de fonctions uniformes qui, divisées par une fonction thêta automorphe appartenant au même exposant m, vérifient nos équations (2).

En désignant par

$$(7) \qquad f_1^{(k)}(x), \quad f_2^{(k)}(x), \quad \ldots; \quad f_n^{(k)}(x) \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

n solutions différentes dont le déterminant est distinct de zéro, la solution générale de (2) peut s'écrire

$$(8) \quad F_i(x) = \varphi_1(x) f_i^{(1)}(x) + \varphi_2(x) f_i^{(2)}(x) + \ldots + \varphi_n(x) f_i^{(n)}(x) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, ..., $\varphi_n(x)$ sont des fonctions automorphes arbitraires de Γ.

Quant à la convergence des séries (5), nous avons démontré pour les groupes rappelés ci-dessus sous la condition unique que les coefficients $R_{i,k}^{(\mu)}(x)$ et $\overline{R}_{i,k}^{(\mu)}(x)$ $(\mu = 1, 2, \ldots, p)$ restent bornés aux points singuliers de Γ. Si ce groupe renferme des substitutions paraboliques, on doit y ajouter la condition suivante :

S étant l'une quelconque de ces substitutions et x_0 le point du cercle principal qu'elle laisse invariant, il faut que l'équation déterminante de la substitution correspondante

$$y'_i = \sum_{k=1}^{n} R_{i,k}^{(S)}(x) y_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \tag{9}$$

ait pour $x = y_0$ toutes ces racines égales à l'unité en valeur absolue.

L'exemple le plus simple de ces groupes nous est fourni par le groupe cyclique déduit de la substitution $x' = x + 1$, lequel conduit aux équations aux différences finies ordinaires. Dans ce cas les séries (5) nous donnent directement les solutions de (2) dans tout leur domaine d'existence en y faisant $m = 0$ et en choisissant pour les H des fonctions transcendantes convenables.

Prenons comme exemple l'équation simple

$$f(x+1) = R(x) f(x). \tag{10}$$

Nos séries (5) se réduisent ici à la suivante

$$f(x) = H(x) + \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{H(x+\nu)}{R(x) R(x+1) \ldots R(x+\nu-1)} + \sum_{\nu=1}^{\infty} H(x-\nu) R(x-1) R(x-2) \ldots R(x-\nu). \tag{11}$$

En prenant par exemple $H(x) = e^{-x^2}$, cette série converge uniformément et absolument dans chaque domaine fini où les termes sont finis. Ces expressions ont été trouvées par M. Nörlund [1] dans le cas d'une équation unique d'ordre quelconque.

En remplaçant $x + 1$ par qx on aura des expressions analogues pour les systèmes d'équations aux différences géométriques.

---

[1] *Sur l'existence de solutions d'une équation linéaire aux différences finies* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 31, 1914, p. 205).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles des fonctions entières d'ordre fini.* Note (1) de M. E.-F. COLLINGWOOD, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre fini ρ. Posons

$$m(r,f)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\overset{+}{\log}|f(re^{i\theta})|\,d\theta, \qquad \mathrm{N}(r,f)=\int_0^r \frac{n(t,f)}{t}\,dt,$$

$\overset{+}{\log}|f|$ étant égal à $\log|f|$ si $|f|>1$ et à o si $|f|\leqq 1$, et $n(t,f)$ désignant le nombre des zéros non nuls de $f(z)$ dans le cercle $|z|\leqq t$. Dans une Note précédente (2), j'ai montré que l'inégalité

$$\text{(1)} \qquad \overline{\lim_{r=\infty}}\frac{\mathrm{N}(r,f-x)}{m(r,f)}\leqq\Theta<1$$

ne peut être satisfaite pour plus de $\left[\frac{1}{1-\Theta}\right]$ valeurs différentes de x. Je me propose de donner ici des propriétés des valeurs exceptionnelles vérifiant l'inégalité (1).

On sait que la fonction inverse $z=\Phi(w)$ de $w=f(z)$ est définie sur une surface de Riemann à une infinité de feuillets sans espaces lacunaires. Les seuls points critiques de $\Phi(w)$ sont les points algébriques $w^{(\nu)}=f(z^{(\nu)})$ avec $f'(z^{(\nu)})=0$ et les points critiques transcendants qui coïncident avec les valeurs asymptotiques de $f(z)$ (3). M. Carleman (4) a montré qu'il existe 5ρ valeurs asymptotiques au plus. A chaque point ordinaire

$$w_0=f(z_0)$$

de la surface de Riemann correspond un élément $e_{z_0}(w-w_0)$ de $\Phi(w)$ prenant la valeur z_0 pour $w=w_0$, cet élément est une fonction univalente dans son cercle de convergence de centre w_0 et donne la représentation conforme de ce cercle sur un domaine du plan des z. Comme on a

$$\left[\frac{d}{dw}e_{z_0}(w-w_0)\right]_{w=w_0}=\frac{1}{f'(z_0)}$$

(1) Séance du 17 novembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 955.

(3) Voir la Thèse de M. IVERSEN, *Recherches sur les fonctions inverses des fonctions méromorphes*. Helsingfors, 1914.

(4) T. CARLEMAN, *Sur les fonctions inverses des fonctions entières d'ordre fini* (*Arkiv för math.*, t. 15, 1920, n° 10, p. 1).

un théorème bien connu de M. Kœbe montre que, dans ce cercle de convergence,

$$(2) \qquad \left|\frac{w - w_0}{f'(z_0)}\right| q \leq |e_{z_0}(w - w_0) - z_0|,$$

q étant une constante absolue.

Théorème I. — *$f(z)$ étant une fonction entière d'ordre fini et x un nombre pour lequel l'inégalité (1) est vérifiée, ou bien x est valeur asymptotique de $f(z)$, ou bien x est point limite de points critiques algébriques de $\Phi(w)$.*

Supposons le théorème inexact. On peut trouver un nombre $\delta > 0$ tel que, sauf sur un nombre fini de feuillets que nous pourrons laisser de côté, le cercle $C_\delta(x)$ ($|w - x| < \delta$) ne contienne aucun point critique de $\Phi(w)$. Soient $\eta < \delta$ et b un point intérieur au cercle $C_{\frac{1}{2}\eta}(x)$; si w est extérieur au cercle $C_\eta(x)$ ou sur sa circonférence, on a

$$(3) \qquad |w - b| < \frac{3}{2}|w - x|.$$

Considérons sur la surface de Riemann la courbe fermée Γ correspondant à la circonférence $|z| = r$ et sur cette courbe un point w_0 intérieur à $C_\eta(x)$, le rayon de convergence de l'élément relatif à ce point est supérieur à $\delta - \eta$, donc à $|w_0 - b| r^{-K}$, K étant donné, pourvu que $r = |z|$ soit assez grand. En appliquant la formule (2) à un point w de Γ pour lequel

$$\frac{q}{2\pi}|w - w_0| = |w_0 - b| r^{-K},$$

et en remarquant que $|e_{z_0}(w - w_0) - z_0|$ est au plus égal à $2\pi r$, on voit que

$$(4) \qquad |w_0 - b| < |f'(z_0)| r^{K+1}.$$

Mais on sait que, sauf dans des cercles ayant pour centres les zéros a_n de $f(z) - x$ et pour rayons $|a_n|^{-K'}$, on a

$$(5) \qquad \log|f'(z)| < \log|f(z) - x| + K'' \log r.$$

Les inégalités (3), (4) et (5) et le théorème de Jensen permettent de conclure que, sauf dans certains intervalles, on a

$$(6) \qquad N(r, f - b) < N(r, f - x) + K_1 \log r$$

et l'on voit ensuite sans peine que cette inégalité est vraie sans restrictions. Dans cette inégalité (6) on peut donner à b toute valeur telle que $|b - x| < \frac{1}{2}\eta$;

il existerait donc plus de $\left(\frac{1}{1-\Theta}\right)$ valeurs de x pour lesquelles (1) serait vérifié, ce qui est impossible. Le théorème est ainsi établi.

En utilisant d'une façon plus stricte les inégalités employées, j'ai obtenu le résultat suivant :

Théorème II. — *Les conditions étant celles du théorème I, l'une des trois éventualités suivantes est seule possible :*

1° *x est une valeur asymptotique;*

2° *$\varepsilon > 0$ étant donné, il existe une infinité de régions $\Delta_n(\varepsilon)$ distinctes et simplement connexes dans lesquelles $|f(z) - x| < \varepsilon$ et telles que, R_n étant le minimum et R'_n le maximum de $|z|$ dans $\Delta_n(\varepsilon)$, le rapport $\log R'_n : m(R_n, f)$ ne tend pas vers zéro;*

3° *le nombre positif K étant donné, il existe une suite infinie de zéros $z^{(\nu)}$ de $f'(z)$ tels que $|f(z^{(\nu)}) - x| < |z^{(\nu)}|^{-K}$.*

Il est aisé de voir que l'inégalité (6) de ma Note précédente

$$(\mu - 1)\, m(r, f) < \sum_{\nu=1}^{\mu} N(r, f - x_\nu) + K \log r$$

est valable pour toutes les valeurs de r. Dans les théorèmes précédents, on peut donc remplacer la condition (1) par la condition

$$\lim_{\overline{r=\infty}} \frac{N(r, f - x)}{m(r, f)} \leqq \Theta < 1. \tag{7}$$

M. Valiron [1] a construit des fonctions d'ordre fini sans valeurs asymptotiques pour lesquelles l'inégalité (7) est vérifiée pour un ensemble de valeurs de x ayant la puissance du continu. Chacune de ces valeurs est un point limite de points critiques algébriques. Mais la question se pose de savoir si, toute valeur x satisfaisant à la condition (1) n'est pas une valeur asymptotique.

Des résultats analogues peuvent être obtenus pour les fonctions méromorphes.

---

(1) G. Valiron, *Sur les zéros des fonctions entières d'ordre fini* (*Rendiconti di Circ. math., Palermo*, t. 43, 1919, p. 255).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence des séries trigonométriques.* Note (¹) de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Nous dirons qu'une fonction continue $f(x)$ est à variation bornée généralisée d'ordre k (k étant un nombre entier positif) dans l'intervalle (a, b) si elle satisfait aux conditions suivantes : $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ étant des valeurs arbitraires en progression arithmétique de (a, b), c'est-à-dire

$$a \leqq \alpha_1 < \alpha_2 < \ldots < \alpha_n \leqq b \qquad \text{et} \qquad \alpha_i - \alpha_{i-1} = \text{const.},$$

la somme

$$\sum_{i=1}^{n-k} | \Delta^k f(\alpha_i) | \qquad (\text{où } \Delta^g a_p = \Delta^{g-1} a_p - \Delta^{g-1} a_{p+1})$$

étant bornée, quels que soient α_i et n; et $M(a, b)$ désignant la limite supérieure de cette somme, on a

$$\lim_{\delta \to 0} M(\mu, \mu + \delta) = 0 \qquad \text{pour} \qquad a \leqq \mu < \mu + \delta \leqq b.$$

Théorème. — *Si dans un intervalle (a, b), $0 \leqq a < b \leqq 2\pi$, la fonction $f(x)$ est continue et à variation bornée généralisée d'un ordre k arbitraire, la série de Fourier de $f(x)$ converge uniformément vers $f(x)$ dans l'intervalle (a_1, b_1), où $a < a_1 < b_1 < b$.*

Il faut démontrer que l'intégrale

$$I_n = \int_0^h \varphi(t) \frac{\sin nt}{t} dt, \qquad \text{où} \qquad \varphi(t) = f(x + 2t) + f(x - 2t) - 2f(x);$$

$0 < h \leqq \frac{\pi}{2}$ tend uniformément vers zéro avec $\frac{1}{n}$ pour $a_1 \leqq x \leqq b_1$. Si l'on pose $\mu = \left[\frac{nh}{\pi}\right]$ ($[\alpha]$ désignant le plus grand nombre entier contenu dans α), on a

$$\begin{aligned} I_n &= \sum_{q=0}^{\mu-1} \int_{q\frac{\pi}{n}}^{(q+1)\frac{\pi}{n}} \varphi(t) \frac{\sin nt}{t} dt + \int_{\mu\frac{\pi}{n}}^{h} \varphi(t) \frac{\sin nt}{t} dt \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{n}} \sin nt \sum_{q=0}^{\mu-1} (-1)^q \frac{\varphi\left(t + q\frac{\pi}{n}\right)}{t + q\frac{\pi}{n}} dt + \int_{\mu\frac{\pi}{n}}^{h} \varphi(t) \frac{kn\, nt}{t} dt, \end{aligned}$$

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

parce que

$$a'_\mu = \int_{\mu\frac{\pi}{n}}^{h} \varphi(t)\frac{\sin nt}{t}\,dt = \frac{\varphi(z)}{z}\int_{\mu\frac{\pi}{n}}^{h} \sin nt\,dt,$$

on a

$$|a'_\mu| < \frac{4\mu}{\mu\frac{\pi}{n}}\,\frac{2}{n}, \qquad |f(x)| < \mu,$$

donc a'_μ tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Si l'on désigne par

$$\left|\sum_{q=0}^{p}(-1)^q\varphi\left(t+q\frac{\pi}{n}\right)\right|$$

a plus grande des sommes

$$\left|\sum_{i=0}^{u}(-1)^i\varphi\left(t+i\frac{\pi}{n}\right)\right|$$

pour $u = 0, 1, 2, \ldots, \mu - 1$, puisque

$$1 > \frac{t}{t+\frac{\pi}{n}} > \frac{t}{t+2\frac{\pi}{n}} > \ldots > \frac{t}{t+(\mu-1)\frac{\pi}{n}},$$

d'après le lemme classique d'Abel, on a

$$\left|\sum_{q=0}^{\mu-1}(-1)^q\frac{t}{t+q\frac{\pi}{n}}\varphi\left(t+q\frac{\pi}{n}\right)\right| \leqq \left|\sum_{q=0}^{p}(-1)^q\varphi\left(t+q\frac{\pi}{n}\right)\right|,$$

le nombre p dépendant de t et x, mais toujours $p \leqq \mu - 1$. On démontre facilement l'identité

$$\text{(I)}\quad (z-1)^k\sum_{i=0}^{n} a_i z^i$$
$$= z^k\sum_{i=0}^{n-k}\Delta^k a_i z^i + (-1)^k\sum_{i=0}^{k-1} a_i z^i + \sum_{\nu=0}^{k-1}\left[(-1)^\nu\binom{k}{\nu}z^{k-\nu}\left(\sum_{i=0}^{\nu-1} a_i z^i + \sum_{i=0}^{k-\nu-1} a_{n-i}z^{n-i}\right)\right].$$

Posons dans cette formule $z = -1$, on obtient

$$\sum_{q=0}^{p}(-1)^q\varphi\left(t+q\frac{\pi}{n}\right) = \mu_k\sum_{q=0}^{p-k}(-1)^q\Delta^k\varphi\left(t+q\frac{\pi}{n}\right) + \sum_{q=0}^{N_k}\eta_q\varphi\left(t+g_q\frac{\pi}{n}\right),$$

$o < t + g_g \frac{\pi}{n} \leqq h$, N_k, n_g dépendant de k, t, x, mais sont plus petits qu'un nombre fixe δ_k dépendant seulement de k.

Mais d'après le théorème fondamental si h et h' sont deux nombres arbitraires tels que $o < h < h' \leqq \pi$, l'intégrale $\int_h^{h'} \frac{f(x)}{x} \sin nx\, dx$ tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Donc on peut prendre h assez petit pour que $|\varphi(t)| < \varepsilon$, $o \leqq t \leqq h$ (ε étant arbitrairement petit), $2h < b - b_1$, $2h < a_1 - a$ et

$$M(\mu, \mu + \delta) < \varepsilon \quad \text{pour} \quad a \leqq \mu < \mu + \delta \leqq b \quad \text{et} \quad \delta \leqq 2h;$$

donc

$$\left| \sum_{\nu=0}^{p-k} (-1)^\nu \Delta^k \varphi\left(t + \nu \frac{\pi}{n}\right) \right| \leqq \sum_{\nu=0}^{p-k} \left| \Delta^k \varphi\left(t + \nu \frac{\pi}{n}\right) \right| \leqq M(x - 2h, x) + M(x, x + 2h) < 2\varepsilon,$$

d'où

$$\left| \sum_{\nu=0}^{p} (-1)^\nu \varphi\left(t + \nu \frac{\pi}{n}\right) \right| < A_k \varepsilon,$$

A_k ne dépendant que de k. Donc

$$\left| \int_0^{\frac{\pi}{n}} \sin nt \sum_{g=0}^{\mu-1} (-1)^g \frac{\varphi\left(t + g \frac{\pi}{n}\right)}{t + g \frac{\pi}{n}} dt \right| \leqq A_k \varepsilon \int_0^{\frac{\pi}{n}} \frac{\sin nt}{t} dt = A_k \varepsilon \int_0^{\pi} \frac{\sin t}{t} dt,$$

d'où l'on conclut que j_n peut être rendu aussi petit que l'on veut quand n augmente indéfiniment. C. Q. F. D.

Pour $k = 1$, on obtient le critère de Jordan facilement. Une autre conséquence est la suivante : si les nombres dérivés d'un ordre k sont bornés dans l'intervalle (a, b), la série de Fourier converge uniformément vers $f(x)$ dans l'intervalle (a_1, b_1), $a < a_1 < b_1 < b$.

Si pour une fonction $f(x)$ continue dans $(o, 2\pi)$, $T_n(x)$ est le polynome trigonométrique de degré n, qui pour $2n + 1$ valeurs

$$i \frac{2\pi}{2n+1} \qquad (i = 0, 1, 2, 3, \ldots, 2n)$$

prend les mêmes valeurs que $f(x)$; on sait d'après un théorème de MM. Borel et Runge que $T_n(x)$ ne converge pas en général vers $f(x)$. *On peut démontrer que si $f(x)$ est à variation bornée généralisée d'un ordre k dans $(o, 2\pi)$, $T_n(x)$ tend uniformément vers $f(x)$.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les complexes non spéciaux à foyer inflexionnel multiple.* Note [1] de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

I. On sait qu'au voisinage de la génératrice r d'un complexe non spécial, il y a, en général, une infinité de complexes linéaires tangents qui forment un faisceau dont la droite r est la directrice double. Il existe donc une infinité de « couples tangents », chacun de ces couples étant constitué par un point quelconque b de la droite r et par un plan β qui, passant par r, admet b pour foyer par rapport à tous les complexes tangents.

M. G. Kœnigs a montré [2] qu'en général quatre « couples inflexionnels » se distinguaient, parmi les couples tangents, par des propriétés projectives caractéristiques.

Dans cette Note, je vais indiquer quelques résultats obtenus, dans l'espace projectif, par le calcul extérieur, en appliquant aux complexes à foyer inflexionnel triple les méthodes fécondes de M. Cartan. Je désignerai par p_1, p_2, p_3, trois paramètres de position de la génération r; je représenterai par (a) la variété engendrée par un être géométrique de symbole a.

II. J'ai déjà remarqué [3] une propriété importante commune aux complexes dont deux ou trois foyers inflexionnels sont confondus. Seuls ces complexes peuvent être engendrés par un complexe linéaire γ_0 dont la position ne dépend que de deux paramètres p_2, p_3 et dont la caractéristique est dégénérée en deux éléments [4]. L'un de ces éléments, E, est formé précisément par les droites du couple inflexionnel multiple et il engendre le complexe (r); l'autre élément, E′, engendre une variété réglée (r') qui d'ailleurs est, en général, un autre complexe à foyer inflexionnel double ou triple. Les deux éléments E et E′ ont en commun une droite s que j'appellerai arête.

Les complexes à foyer inflexionnel double ou triple sont donc constitués par des éléments, comme les complexes spéciaux. Lorsque la génératrice r

---

(1) Séance du 17 novembre 1924.

(2) G. Kœnigs, *Annales de l'École Normale supérieure*, 2e série, t. 11, 1882, p. 331 à 335.

(3) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 941.

(4) Par élément il faut entendre l'ensemble des droites situées dans un plan et issues d'un point appelé foyer. Les deux éléments d'une demi-quadrique dégénérée ont une droite commune.

décrit un élément, le paramètre p_1 variant seul, le complexe γ_0 reste fixe, ce qui prouve que γ_0 est, au sens de Klein, un complexe stationnaire.

III. Il est facile de donner un procédé général de génération des complexes à foyer double ou triple. Le foyer inflexionnel multiple m engendre une surface (m). Désignons par t la tangente menée par m à (m) dans le plan μ du couple inflexionnel multiple. La droite t n'est qu'une des positions que peut prendre r dans le plan μ, quand on fait varier p_1; par suite γ_0 qui contient les droites r et $r + \Delta r$ contient en particulier les droites t et $t + \Delta t$; autrement dit le complexe γ_0 renferme non seulement les droites du couple inflexionnel multiple de foyer m, mais aussi les droites des couples inflexionnels multiples infiniment voisins, de foyers $m + \Delta m$. Appelons « support » la variété (t); cette variété est en général une congruence dont (m) est une nappe focale. Les « rayons centraux » du foyer m de la congruence (t) sont précisément les droites du couple inflexionnel multiple. Puisque γ_0 contient les rayons centraux d'un foyer de la congruence (t) et ceux des foyers infiniment voisins, ce complexe linéaire est, au sens de Waelsch [1], le « complexe d'accompagnement » du foyer m de la congruence (t).

Réciproquement chacun des deux complexes d'accompagnement d'une congruence dépend en général de deux paramètres et admet une caractéristique dégénérée dont chaque élément décrit un complexe à foyer multiple; l'un de ces deux complexes est formé par les rayons centraux du foyer accompagné.

IV. Le calcul montre que les complexes à foyer inflexionnel triple ne dépendent que d'une seule fonction arbitraire de deux arguments. Les congruences-supports sont, en général, des congruences à surfaces focales distinctes, n'appartenant pas à la famille W et pour lesquelles la génératrice t coïncide avec la droite concourante s qui est l'arête de la caractéristique de l'un des complexes d'accompagnement.

V. Le calcul montre que les complexes à foyer inflexionnel triple, admettant pour support une congruence W, dépendent de quatre fonctions arbitraires d'un argument.

Dans toute congruence W les deux complexes d'accompagnement sont confondus, d'après Waelsch, avec le complexe osculateur. Pour engendrer deux complexes à foyer inflexionnel double ou triple, il suffit de prendre l'enveloppe du complexe osculateur d'une congruence W, pourvu que ce

---

(1) Waelsch, *Wiener Sitzungsberichte*, t. 100, 2a, 1891, p. 158 à 219.

complexe osculateur dépende de deux paramètres. La génératrice t et l'arête s de la caractéristique sont toujours confondues.

Les congruences W, qui sont les supports de complexes à foyer inflexionnel triple, ont une propriété caractéristique : si a_1, a_2 sont les foyers de la congruence W, si a_1, a_3 et a_2, a_4 sont les foyers des congruences engendrées par les deux droites focales principales (¹), le plan tangent en a_4 à (a_4) passe par a_3 ou bien le plan tangent en a_3 à (a_3) passe par a_4.

VI. L'étude des complexes à foyer triple, dont le support est dégénéré soit en congruences dont une nappe focale est une courbe et l'autre nappe focale une développable soit en surface réglée ou même en un élément, est fort intéressante.

Contentons-nous d'indiquer que pour engendrer un complexe (r) à foyer triple admettant une surface réglée non développable (t) pour support, il suffit d'associer arbitrairement à chaque génératrice t l'un des complexes linéaires osculateurs γ_0 à (t) et de considérer toutes les droites r contenues dans γ_0 et rencontrant t.

VII. Tous les complexes à foyer inflexionnel triple, dont le support est une congruence W, sont applicables projectivement sur un complexe linéaire non spécial.

HYDRODYNAMIQUE. — *Quelques considérations sur les mouvements plans rotationnels d'un liquide.* Note (²) de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. G. Kœnigs.

Soit l'axe Oy la trace sur le plan des xy d'une membrane indéfinie parfaitement extensible que l'on étire de façon que la vitesse v d'un élément de la membrane soit, à chaque instant, proportionnelle à la distance de cet élément au plan de symétrie,

$$v = \frac{v_1}{y_1} y.$$

Je suppose que la membrane est entourée d'un fluide visqueux adhérant à la membrane et calcule le mouvement du fluide déterminé par l'allonge-

---

(¹) La droite focale principale $a_1 a_3$ est tangente à la nappe focale (a_1) et elle est dans la direction conjuguée à celle de la génératrice $a_1 a_2$ de la congruence.

(²) Séance du 27 octobre 1924.

ment de la membrane ainsi que la résistance que le fluide exerce sur cette dernière.

En prenant pour fonction de courant une expression de la forme

$$\psi = y\frac{\partial\varphi(x)}{\partial x} = yf(x), \tag{1}$$

on a comme composantes u, v de la vitesse

$$u = \frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial y} = f(x), \qquad v = -\frac{\partial\psi}{\partial x} = -yf'(x),$$

et, en substituant ces expressions dans les équations de Navier, on trouve

$$\frac{\partial}{\partial x}(p - \mathrm{U}) = -\rho\left(ff' + \frac{\partial f}{\partial t} - \frac{\mu}{\rho}f''\right), \tag{2}$$

$$\frac{\partial}{\partial y}(p - \mathrm{U}) = \rho y\left(ff'' - f'^2 + \frac{\partial f'}{\partial t} - \frac{\mu}{\rho}f'''\right). \tag{3}$$

La seconde partie de (2) est indépendante de y; pour qu'il existe une fonction $(p - \mathrm{U})$ répondant à la question, il faut, par conséquent, que

$$ff'' - f'^2 + \frac{\partial f'}{\partial t} - \frac{\mu}{\rho}f''' = \mathrm{A}, \tag{4}$$

où A ne dépend pas de x et de y. En supposant que cette condition soit satisfaite, on trouve comme équation de pression

$$p - \mathrm{U} + \frac{1}{2}\rho u^2 + \rho\frac{\partial\varphi}{\partial t} - \mu\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{2}\rho y^2 \mathrm{A} = \mathrm{B},$$

où B dépend de t seulement.

Si le mouvement est permanent et la pression, à une distance infinie de la membrane, uniforme, la condition (4) devient

$$ff'' - f'^2 - \frac{\mu}{\rho}f''' = 0,$$

La fonction $f(x)$ qui correspond au problème considéré est

$$f = u_0\left(e^{-\frac{u_0\rho}{\mu}x} - 1\right); \qquad -u_0 = (u)_{x=\infty} = -\left(\frac{v_1\mu}{y_1\rho}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Comme résistance exercée par le fluide sur la membrane de $y = 0$

à $y=l$, on a, en désignant par $\bar{v}$ la vitesse moyenne sur la longueur l,

$$\mathfrak{R}=\mu\int_0^l\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{x=0}dy=-(2\rho\mu l)^{\frac{1}{2}}(\bar{v})^{\frac{3}{2}}\quad (^1).$$

Considérons maintenant une fonction de courant de la forme

(5) $$\psi=f_1(x+y)+f_2(x-y).$$

En posant

$$\varphi=f_1(x+y)-f_2(x-y)$$

et en désignant les dérivées de f_1 par rapport à $(x+y)$ et les dérivées de f_2 par rapport à $(x-y)$ respectivement par f'_1, f''_1, ... et f'_2, f''_2, ..., il vient

$$u=\frac{\partial\varphi}{\partial x}=\frac{\partial\psi}{\partial y}=f'_1-f'_2,\qquad v=-\frac{\partial\varphi}{\partial y}=-\frac{\partial\psi}{\partial x}=-f'_1-f'_2,$$

et, en raison des équations de Navier,

(6) $$\begin{cases}\dfrac{\partial}{\partial x}(p-\mathrm{U})=-\rho\dfrac{\partial}{\partial x}\left[\dfrac{1}{2}(u^2-v^2)+\dfrac{\partial\varphi}{\partial t}-\dfrac{\mu}{\rho}\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}-\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)\right],\\ \dfrac{\partial}{\partial y}(p-\mathrm{U})=\rho\dfrac{\partial}{\partial y}\left[\dfrac{1}{2}(u^2-v^2)+\dfrac{\partial\varphi}{\partial t}-\dfrac{\mu}{\rho}\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}-\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)\right].\end{cases}$$

Pour qu'il existe une fonction $(p-\mathrm{U})$ répondant à la question, il faut, par conséquent, que la condition

(7) $$\rho\left[2f'_1f'_2-\frac{\partial f_1}{\partial t}+\frac{\partial f_2}{\partial t}+2\frac{\mu}{\rho}(f''_1-f''_2)\right]=\Phi_1(x)-\Phi_2(y)$$

soit satisfaite; les fonctions $f_1(x+y)$ et $f_2(x-y)$ doivent être telles que la première partie de l'équation (7) puisse être représentée comme différence de deux fonctions dont la première ne dépend pas de y et la seconde

---

(1) L'exposant $\frac{3}{2}$ figure pour la première fois dans une formule de résistance de la forme $av+bv^{1,5}+cv^2$ employée par Newton pour exprimer les résultats qu'il avait obtenu en observant les oscillations d'une sphère suspendue à un fil. En étudiant expérimentalement la rotation des disques dans l'air et dans l'eau, j'ai trouvé (*Bulletin de l'Institut aérodynamique de Koutchino*, fasc. 5, 1914) que la résistance hydraulique succédait dans ce cas, non pas à la résistance, proportionnelle à la vitesse v, du régime de Poiseuille, comme cela a lieu dans les changements de régimes de Reynolds et de Couette, mais qu'elle succédait à une résistance proportionnelle à $v^{1,5}$. M. Karman a trouvé la solution du problème d'un disque de rayon illimité animé de rotation uniforme dans un liquide visqueux et obtient, en première approximation, un coefficient numérique qui s'accorde bien avec celui que j'avais trouvé.

de x. Comme équation de pression on a

$$p - U = \Phi_1(x) + \Phi_2(y).$$

En dehors des mouvements qui vérifient les conditions (4) et (7) et qui sont, par conséquent, cinématiquement et dynamiquement possibles, il existe une infinité de mouvements de la forme (1) et (5) qui ne sont possibles que cinématiquement. Comme le font voir les équations (2), (3) et les équations (6) pour que $(p - U)$ ait un sens aussi dans ce cas, il faudrait supposer que l'inertie du mouvement vertical ρ_y est nulle dans les mouvements de la forme (1) et que cette inertie est négative, $\rho_y = -\rho_x$, dans les mouvements de la forme (5), la viscosité cinématique et la force dérivant du potentiel U ne variant pas.

Il est intéressant de remarquer que la première de ces hydrodynamiques non newtoniennes trouve une application dans la théorie approchée des ondes longues. En effet, dans cette théorie, la vitesse U ne dépend pas de y, le mouvement considéré est, par conséquent, de la forme (1), et l'on admet que la pression, en tout point et à chaque instant, est égale à la pression hydrostatique; cette hypothèse est équivalente, dans ce cas, à la condition $\rho_y = 0$.

On peut appliquer aux mouvements plans rotationnels déterminés par les fonctions de courant (1) et (4) la théorie des fonctions des variables complexes $x + ky$, $x + jy$, où k et j sont des unités complexes satisfaisant aux équations $k^2 = 0$, $j^2 = 1$. Par analogie avec les mouvements irrotationnels on peut les nommer respectivement mouvements paraboliquement et hyperboliquement irrotationnels.

AVIATION. — *Étude théorique des manœuvres des albatros par vent croissant avec l'altitude.* Note (1) de M. P. **Idrac**, présentée par M. Deslandres.

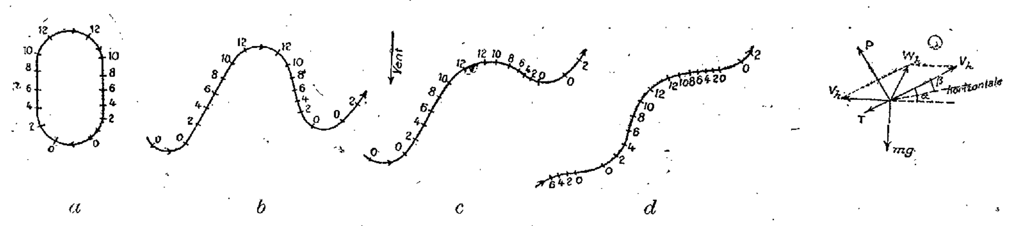
Dans une Note récente (2), j'ai indiqué quelles étaient les manœuvres générales opérées par les albatros dans les mers du Sud. On peut les représenter par les schémas figurés ci-contre.

---

(1) Séance du 17 novembre 1924.

(2) *Contribution à l'étude du vol des albatros* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 28). — Errata : page 30, ligne 3, *au lieu de* inférieure, *lire* supérieure.

Nous allons aujourd'hui étudier l'effet sur l'oiseau suivant ces trajectoires d'un vent croissant avec l'altitude, et établir l'équation différentielle de la vitesse aérodynamique V. La condition de possibilité du



Plan coté des trajectoires suivies par les albatros entre deux couches d'air cotées 0 et 12[m] à titre d'exemple et rapportées à des axes liés au vent dans la couche moyenne.

vol à voile sera que l'intégrale $\int dV$ soit $\geqq 0$ pendant la description des trajectoires périodiques.

Soit à l'altitude h et au temps t :

$\overline{w_h}$, le vecteur vitesse absolue de l'oiseau (rapporté à des axes liés à la surface de la mer);

$\overline{v_h}$, » » » du vent (» » » » »);

$\overline{V_h}$, le vecteur vitesse aérodynamique de l'oiseau (vitesse rapportée à des axes liés aux molécules d'air ambiantes à l'altitude h);

$\overline{mg}$, le vecteur poids de l'oiseau;

$\overline{P}$ et $\overline{T}$, les vecteurs, composantes de la résistance de l'air sur l'oiseau suivant la normale à la vitesse aérodynamique (poussée) et suivant la vitesse aérodynamique (traînée);

α, l'angle du vecteur $\overline{V_h}$ avec un vecteur $\overline{-v_h}$ égal et opposé à $\overline{v_h}$;

β, l'angle de V_h avec l'horizontale compté positivement quand l'oiseau monte.

Écrivons d'une part que la dérivée géométrique du vecteur $\overline{mw_h}$ par rapport au temps est égale et de signe contraire à la résultante des vecteurs $\overline{P}$, $\overline{T}$ et $\overline{mg}$ (forces absolues appliquées à l'oiseau); et, d'autre part, que le vecteur V_h est la résultante des vecteurs $\overline{w_h}$ et $\overline{-v_h}$.

Nous aurons les égalités vectorielles :

$$m\frac{\overline{dw_h}}{dt}=\overline{P}+\overline{T}+\overline{mg} \quad \text{et} \quad \overline{V_h}=\overline{w_h}-\overline{v_h} \quad \text{ou} \quad \frac{\overline{dV_h}}{dt}=\frac{\overline{dw_h}}{dt}-\frac{\overline{dv_h}}{dt}.$$

Projetant le tout sur V_h et remarquant que, dans l'hypothèse faite,

$\frac{dv_h}{dt} = \frac{dv_h}{dh}\frac{dh}{dt}$, nous aurons l'égalité algébrique

$$\frac{dV_h}{dt} = -\frac{T}{m} - mg\sin\beta + \frac{dv}{dh}\frac{dh}{dt}\cos\alpha.$$

L'équation différentielle générale du mouvement sera donc, en mettant T sous la forme usuelle P tang φ,

$$(1) \qquad dV = -\frac{P}{m}\operatorname{tang}\varphi\, dt - \frac{g}{V}dh + \frac{dv}{dh}\cos\alpha\, dh$$

avec

$$(2) \qquad dh = V\sin\beta\, dt.$$

Le mouvement sera déterminé, si l'on fixe la trajectoire de l'oiseau, par exemple, par deux équations de la forme

$$(3) \qquad f(\alpha, \beta, h) = 0,$$
$$(4) \qquad \varphi(\alpha, \beta, h) = 0.$$

Si l'on néglige les accélérations verticales de l'oiseau pendant le changement d'inclinaison de la trajectoire, l'équation de sustentation donne l'égalité vectorielle $\overline{P} = \overline{mg} + \frac{\overline{V^2}}{\rho}$, où $\frac{\overline{V^2}}{\rho}$ est un vecteur dirigé suivant la normale principale à la trajectoire relative à des axes emportés par le vent au point où se trouve l'oiseau, et ρ le rayon de courbure correspondant.

Remarquons que le dernier terme de l'équation (1) est toujours positif dans le cas des trajectoires a, b, c, car $\cos\alpha$ et dh sont tous deux de même signe à la montée (dh positif et α aigu) et à la descente (dh négatif et α obtus). Dans le cas de la trajectoire d, ce terme est beaucoup plus important à la montée (α petit) qu'à la descente (α voisin de 90°). C'est dans ce fait analytique que réside tout le secret des manœuvres de l'albatros.

Afin de continuer l'étude analytique, il faut déterminer expérimentalement la fonction $v = F(h)$. Or de nombreuses mesures effectuées par l'Office météorologique et par nous permettent de prendre comme formule approchée au-dessus d'une mer dans l'état d'agitation moyen observé dans le Sud :

$$\frac{v_h}{v_0} = 2,1 - \frac{3,3}{(h+3)},$$

$h = 0$ étant la couche basse où l'albatros fait son virage inférieur.

L'équation générale (1) n'est intégrable que dans des cas particuliers,

mais on peut toujours sommer $\int dV$ par arcs ou par approximations successives.

L'étude analytique des trajectoires observées permet d'arriver aux conclusions suivantes en prenant $\tan\varphi = 0,05$ aux portances faibles ou moyennes :

1° Les manœuvres étudiées ci-dessus ne sont possibles que pour des oiseaux possédant une grande vitesse aérodynamique, c'est ce qui explique pourquoi les vautours, milans, etc., ne la pratiquent pas;

2° Dans le cas des albatros dont la vitesse aérodynamique peut varier de 15^m à 28^m d'après nos observations, le vol à voile ne commence à être possible que pour un vent d'au moins 6^m à la couche basse;

3° La hauteur de la couche supérieure à laquelle doit s'élever l'oiseau pour obtenir le meilleur rendement est plus grande par vent fort que par vent faible; elle doit être en moyenne de 10^m à 12^m;

4° L'oiseau ne peut lutter contre le vent sans perdre de terrain qu'avec des trajectoires des types *c* et *d*, et ne peut en aucun cas remonter un vent de plus de 16^m à la couche moyenne, sans être entraîné par rapport à la mer.

Ces déductions théoriques sont d'accord avec les observations qu'il m'a été donné de faire dans les mers du Sud; il semble toutefois que le vol à voile puisse commencer pour un vent légèrement plus faible (5^m environ). Cette petite différence peut être attribuée au fait qu'il se produit un effet Breguet dans la descente par vent latéral sur les ailes en M, qui s'ajoute à l'effet calculé ci-dessus.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Les étoiles variables à variation continue et l'hypothèse de Ritz*. Note de MM. **Charles Nordmann** et **C. Le Morvan**.

On sait que les remarques faites par M. de Sitter au sujet des étoiles doubles ont été invoquées par Einstein dans les termes suivants en faveur de la constance de la vitesse de la lumière : « Un raisonnement déduit de l'observation des étoiles doubles a permis à l'astronome hollandais de Sitter de montrer que la vitesse de propagation de la lumière ne pouvait pas dépendre de la vitesse de déplacement de la source lumineuse » ([1]). L'ar-

([1]) *La théorie de la relativité restreinte et généralisée* (traduction Rouvière), p. 15 (Gauthier-Villars).

gument de M. de Sitter [1] consiste essentiellement dans cette remarque que si les rayons lumineux que nous envoient les composantes des étoiles doubles orbitales composaient leur vitesse avec celle de la source il se produirait des *chevauchements* entre les rayons émis par l'étoile aux diverses phases de son mouvement. En effet, les rayons émis lorsque l'étoile s'éloigne de nous se propageraient vers la Terre avec une vitesse moindre que ceux qu'elle émet lorsqu'elle se rapproche de nous. Ces chevauchements, remarque M. de Sitter, ne pourraient nous permettre de suivre fidèlement le mouvement de l'astre tournant et d'en découvrir les lois, contrairement à ce qui résulte des observations faites sur les étoiles doubles.

Récemment, M. La Rosa, de Palerme, a repris l'analyse détaillée de l'argument de M. de Sitter [2]. La conclusion de cette analyse est que les chevauchements en question, en supposant qu'ils existent, ne pourraient produire que des effets inobservables dans certains cas et notamment lorsque le temps mis par la lumière de l'étoile pour nous parvenir n'est pas un multiple très grand de sa période; tel serait le cas précisément des étoiles doubles spectroscopiques connues, et l'on en pourrait conclure que l'observation de ces étoiles ne démontre rien ni pour ni contre l'hypothèse de la constance de la vitesse de la lumière.

Sans vouloir intervenir dans la discussion qui se poursuit actuellement à ce sujet entre MM. de Sitter et La Rosa, nous voudrions faire une remarque qu'appellent les recherches récentes de ce dernier. Poussant plus loin son argumentation et rejetant comme non démontré le principe de la constance de la vitesse de la lumière, M. La Rosa admet au contraire, conformément à l'hypothèse balistique de Ritz, que la vitesse de la lumière se compose avec celle de la source. Les chevauchements dont il a été question doivent donc, selon lui, toujours se produire; et dans un grand nombre de cas, notamment lorsque l'étoile double orbitale est suffisamment éloignée, ils doivent se traduire pour l'observateur terrestre par des fluctuations lumineuses de l'étoile. C'est ainsi que M. La Rosa [3] est conduit à expliquer les courbes de lumière des étoiles variables à variation continue par le moyen de ces chevauchements.

Or il est un fait d'expérience qui nous paraît incompatible avec cette

---

(1) *Phys. Z.*, Bd 14, 1913, p. 421.

(2) Voir notamment *Nuovo Cimento*, gennaio-febbraio 1924, p. 324-357.

(3) Voir notamment *Memorie della Società astronomica Italiana*, vol 2, n° 4, 1924, p. 324-357.

théorie ou du moins inexplicable par elle et qui a été mis en évidence naguère par l'un de nous ([1]). Ce fait c'est que l'amplitude de la variation lumineuse des étoiles variables à variation continue n'est pas la même dans les diverses régions de leurs spectres. Nous avons montré que pour β Lyre et δ Céphée, qui sont les deux étoiles types de cette catégorie, la variation exprimée en grandeurs stellaires photométriques a les amplitudes suivantes : pour β Lyre : 0,66 dans le rouge; 0,94 dans le vert; 1,34 dans le bleu; — pour δ Céphée : 0,67 dans le rouge; 0,77 dans le vert; 1,16 dans le bleu. Ces résultats ont été depuis confirmés, notamment par les astronomes de l'Observatoire Yerkes et étendus à toutes les étoiles de ces types qui ont été étudiées. En particulier M. F.-C. Jordan ([2]) en 1919, reprenant cette étude par une méthode photographique qui correspondait sensiblement aux mêmes longueurs d'ondes moyennes que celles correspondant aux écrans vert et bleu de notre photomètre stellaire hétérochrome, a trouvé que pour δ Céphée les amplitudes de la variation dans les deux régions étudiées du spectre sont respectivement 0,73 et 1,20. Ces chiffres et surtout leur rapport sont presque identiquement les mêmes que nous avions trouvés il y a quinze ans.

Si la fluctuation lumineuse des étoiles à variation continue était due au mécanisme qu'invoque M. La Rosa, l'amplitude de la variation serait nécessairement la même dans toutes les régions du spectre lumineux, puisque d'ailleurs on observe que les phases de la fluctuation sont pratiquement synchrones pour tous les rayons du spectre.

Cette conclusion est de nature à infirmer l'extension intéressante et hardie, qui a été faite par M. La Rosa, de l'hypothèse balistique de Ritz.

ASTRONOMIE. — *Observations de la planète Mars à la lunette de* 0^m,83, *de l'Observatoire de Meudon*. Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

Au cours de la récente opposition de 1924, j'ai observé régulièrement Mars, depuis le 22 juin, avec la lunette de 0^m,83 et 16^m de distance focale, de l'Observatoire de Meudon. Son excellent objectif, des frères Henry, a

---

([1]) Ch. Nordmann, *Recherches nouvelles sur les étoiles variables* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 518-520).

([2]) *Astrophysical Journal*, t. 50, octobre 1919, p. 174.

toujours été utilisé à pleine ouverture. Lorsque les images sont mauvaises, l'emploi d'un diaphragme de $0^m,35$ ne procure qu'un gain illusoire : l'image est plus calme, mais présente moins de détails qu'à toute ouverture, et ses colorations, si visibles, s'atténuent au point de ne plus être décelables. Les six dessins reproduits ont été choisis de manière à montrer tout le tour de la planète.

Il ne saurait être question ici d'entrer dans le détail des observations. Je me bornerai simplement à quelques constatations générales.

Quoique les particularités bien connues de la surface se retrouvent aux mêmes places qu'à l'opposition presque identique de 1909, de notables changements sont survenus en certaines régions. Pour établir leur réalité, j'ai comparé mes observations aux photographies prises avec M. A. de la Baume-Pluvinel, au Pic-du-Midi, en 1909 (1), et à la carte de M. E.-M. Antoniadi, de la même opposition (2), la seule qui ait été confirmée par les photographies.

C'est ainsi que du début des observations au 26 septembre, la vaste étendue de Pandoræ Fretum, s'étendant sur 2400^{km} en longitude, presque aussi foncée que le Sinus Sabæus en 1909, est restée à peu près invisible. A partir du 27, elle a augmenté rapidement d'intensité. Le rivage d'Icaria, à l'est de Mare Sirenum, s'est déplacé vers le sud-ouest de près de 400^{km}. Une traînée grisâtre, de plus de 700^{km} de large et 2000^{km} de long, est apparue en quelques jours, à partir du 5 septembre sur Æthiopis. Elle est devenue pourpre violacé dans sa partie australe vers le 11 octobre.

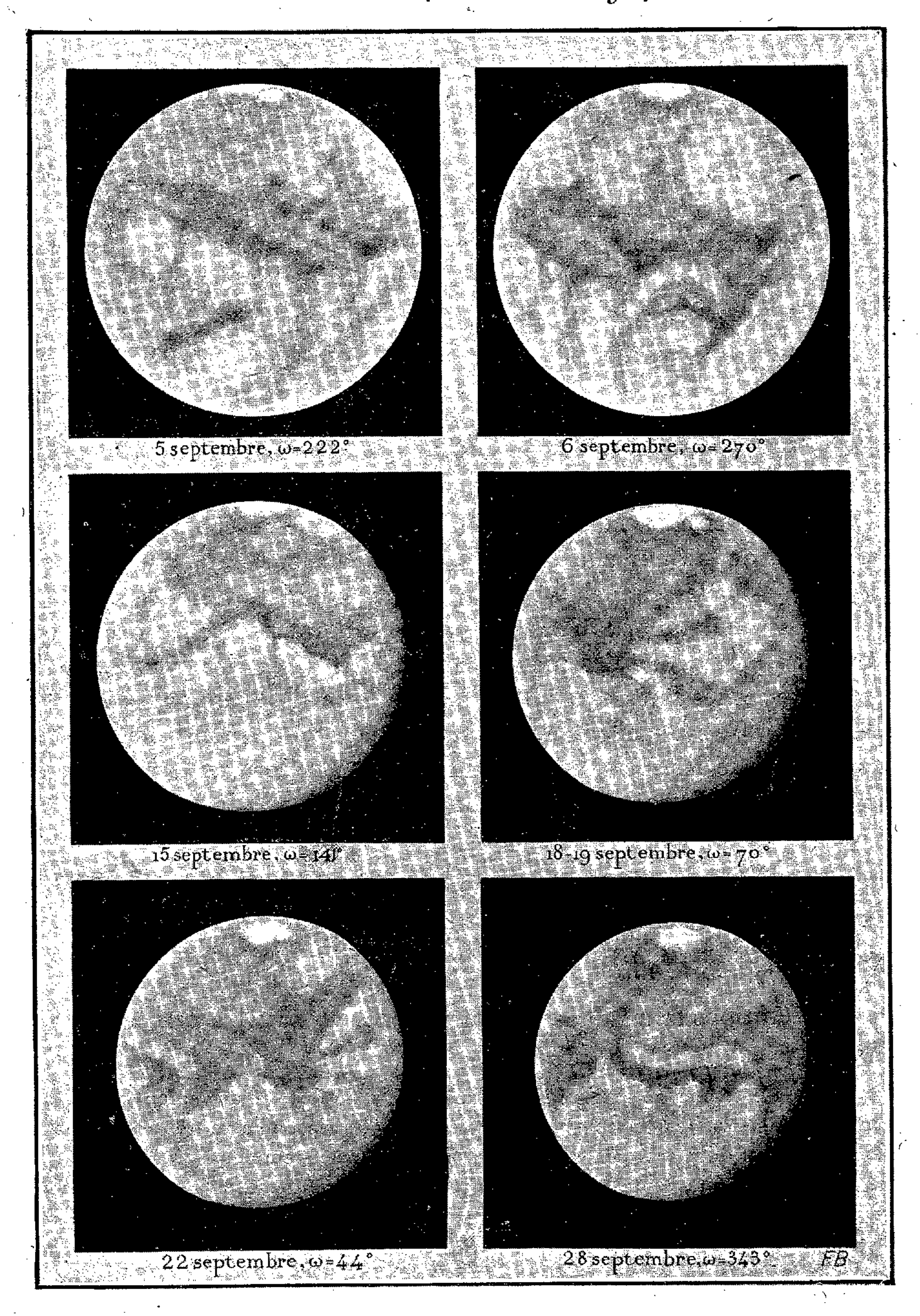
Deucalionis Regio s'est rétrécie, à son extrémité boréale, près du Sinus Meridiani.

L'assombrissement du Trivium Charontis, du Pambotis Lacus et du Cerberus a été remarquable jusqu'en octobre; le 17 novembre, ils étaient devenus plus pâles.

A partir du 9 août, une bande brun chocolat, puis brun marron plus clair, s'est développée progressivement autour de la calotte polaire australe, sur des régions recouvertes précédemment d'une teinte verdâtre bleuâtre, en particulier sur Mare Chronium. Certaines parties des « mers » sont devenues brun lilas ou brun violacé. Le 7 novembre, la Grande Syrte elle-même était envahie par cette dernière teinte jusqu'au bord d'Hellas.

Des voiles jaunes recouvrant de vastes étendues, et même une partie de

(1) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 838.
(2) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 836.



Dessins de Mars obtenus en 1924 à la grande lunette de Meudon.

la calotte polaire, ont été fréquents de juin à août. Des nuages stationnaires ont masqué parfois, et pendant peu de temps, quelques « lacs ». Des nuages élevés, que nous avons déjà décrits avec M. Antoniadi (¹), ont été aperçus sur le terminateur.

La calotte polaire australe a eu une étendue remarquable. A la fin de juin, les neiges descendaient jusqu'au soixantième degré de latitude.

Les déterminations de passage, au centre du disque, des principaux détails, montrent qu'il faut corriger d'environ + 4° les longitudes données par l'*American Ephemeris*.

Toutes ces observations confirment celles déjà publiées par M. Antoniadi (²).

Quant au réseau géométrique de « canaux » *filiformes*, je n'en ai jamais trouvé trace, pas plus que mes prédécesseurs à la grande lunette : Millochau, Burson, Idrac, Bosler, Antoniadi, malgré une attention soutenue. Mais j'ai vu, comme eux, des traînées grisâtres, irrégulières, filamenteuses ou noueuses, de largeur parfois très variable sur leur trajet; ou des bords de grisailles; ou des chapelets de « lacs », aux endroits mêmes où le très habile observateur qu'était Schiaparelli, travaillant avec un objectif d'ouverture bien moindre, a dessiné ses canaux filiformes. Ces traînées ont été observées avec des finesses de détails telles, que si le réseau géométrique existait il aurait été facilement décelé. En ce qui me concerne, il n'y a aucun doute que les formations sur Mars sont aussi irrégulières, aussi peu géométriques que le sont les formations terrestres.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon pendant le deuxième trimestre de* 1924. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Des observations faites dans 83 jours (³) on déduit les principaux faits que voici :

Taches. — Ce trimestre se signale par un réveil d'activité relativement important : le nombre enregistré des groupes de taches est de 17, avec une aire totale de 1705 millionièmes, au lieu de 7 groupes et 285 millionièmes précédemment (⁴).

En raison d'une augmentation égale de 5 groupes, les formations sont restées plus

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 884.

(²) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 668; *L'Astronomie*, 1924, *passim*.

(³) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(⁴) Voir *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 753.

nombreuses dans l'hémisphère boréal (10 au lieu de 5) que dans l'hémisphère austral (7 au lieu de 2).

On remarque en outre que l'activité des taches s'est manifestée surtout dans les régions élevées, et la latitude moyenne de ces phénomènes a passé de + 23°,0 à + 31°,3, d'une part, et de — 19°,0 à — 24°,7, d'autre part.

Le premier groupe du mois de juin (Tableau I) a été *visible à l'œil nu*, fait qui ne s'était pas présenté depuis décembre 1922. D'ailleurs, le nombre des jours sans taches a grandement diminué, puisque leur proportion, qui était de 0,80, s'est réduite à 0,23.

Régions d'activité. — Les facules ont diminué : on a, effectivement, 50 groupes de 26,1 millièmes, au lieu de 79 groupes et 34,1 millièmes.

Les changements survenus dans leurs répartitions sont de 18 groupes au lieu de 35 au sud de l'équateur, et de 32 au lieu de 44 au nord.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril. — 0,50.			
14	1	9,9		+29	18
17-22	6	20,5		+21	77
18-27	10	21,2	—29		289
28	1	25,9		+29	4
	26 j.		—29°	+26°,3	
		Mai. — 0,21.			
8-15	7	9,7		+31	41
12-19	8	15,2	—21		299
12-23	8	18,7	—30		25
14-18	5	19,8	—26		6
18-26	8	22,9	—22		28
18-28	6	24,0		+37	44
		Mai (suite).			
27-29	3	27,7		+19	18
	28 j.		—24°,8	+29°,0	
		Juin. — 0,00.			
29-11	14	5,4		+31	650
7	1	11,4	—19		5
12-18	7	12,9		+21	95
13-19	7	14,7	—26		32
21-25	4	20,3		+27	10
19-27	8	22,7		+37	64
	29 j.		—22°,5	+29°,0	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1924.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril........	»	»	1	»	»	1	3	»	»	3	»	»	4	388
Mai.........	»	»	4	»	»	4	3	»	1	»	2	»	7	461
Juin........	»	»	1	1	»	2	4	»	»	2	2	»	6	856
Totaux...	»	»	6	1	»	7	10	»	1	5	4	»	17	1705

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1924.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril........	1	»	2	»	1	4	11	2	1	3	3	2	15	7,9
Mai.........	»	3	3	»	»	6	10	2	2	4	2	»	16	7,1
Juin........	»	1	5	1	1	8	11	1	»	6	3	1	19	11,1
Totaux....	1	4	10	1	2	18	32	5	3	13	8	3	50	26,1

OCÉANOGRAPHIE. — *Quelques observations sur le régime des courants du détroit de Gibraltar*. Note de M. **Rafael de Buen**, présentée par M. Joubin.

Au cours de l'année 1923 l'Institut espagnol d'Océanographie, avec le concours de la Marine de Guerre, a accompli une croisière dans le détroit de Gibraltar et régions limitrophes de l'Atlantique et de la Méditerranée. Le bateau employé, « *Almirante Lobo* », présentait des conditions favorables pour réaliser des études en haute mer.

Le nombre d'observations réalisées a été très élevé et nous permet d'arriver à des conclusions d'un grand intérêt pour expliquer le mécanisme des courants atlantiques et méditerranéens, qui passent à travers du détroit de Gibraltar.

Le régime thermique de la surface démontre que les eaux du Détroit sont plus froides que celles des régions voisines de la Méditerranée et de l'Atlantique. Ce curieux phénomène ne peut être expliqué que par l'influence des eaux profondes de la Méditerranée, qui remontent vers la surface. La densité des eaux appuie cette idée; en effet, les densités à 0° démontrent que les eaux froides du détroit de Gibraltar sont plus denses que celles de l'Atlantique, présentant pourtant des caractères complètement méditerranéens.

Cette ascension d'eaux profondes, froides et de salinité élevée, avait été déjà observée par nous dans la baie d'Algésiras, pendant la croisière de l' « Averroes » en 1922. On avait constaté, en outre, que ces eaux profondes méditerranéennes remontaient vers la surface avec une certaine périodicité, ce que nous croyons motivé par l'influence de l'onde de marée de la Méditerranée.

On trouve les eaux froides et denses dans le détroit de Gibraltar jusqu'à une certaine profondeur. A 100^{m} la zone Est du Détroit montre des densités même supérieures à celles qui correspondent à la même couche méditerranéenne.

Les eaux atlantiques, qui pénètrent à la surface de la Méditerranée, changent très rapidement de caractères en passant la ligne qui relie Punta Europa a Punta Alima. Nous constatons, en effet, que la température augmente d'une façon brusque. Cette augmentation du degré thermique doit être occasionnée par une influence méditerranéenne très accentuée,

Nous trouvons l'explication de ce fait en étudiant la température de la zone de la Méditerranée voisine du détroit de Gilbraltar. Cette étude nous montre l'existence de deux courants, qui suivent respectivement les côtes du sud de l'Espagne et les côtes du Maroc, entre le cap Tres Forcas et Punta Almina, se dirigeant en direction de l'Est vers l'Ouest.

Le courant qui longe les côtes espagnoles était déjà reconnu par nous. On l'avait observé pendant la croisière de l'*Averroes*, dans la baie d'Algésiras. Il s'agit d'un courant méditerranéen qui pénètre même jusqu'à la baie d'Algésiras, dont les eaux n'ont presque pas de caractères atlantiques.

Le courant méditerranéen se courbe en arrivant à la presqu'île de Gibraltar, et trouve, en direction perpendiculaire, le courant atlantique, qui pénètre par le Détroit. Il doit se former un remous qui motive un mélange des eaux atlantiques et méditerranéennes, en changeant rapidement les caractères des premières.

Le courant d'eaux chaudes qui suit les côtes du Maroc, en direction du Cap Tres Forcas au Détroit, n'avait pas été constaté. Nos observations sont les premières qui permettent d'assurer leur existence. Il ne s'agit pas d'un courant méditerranéen, mais seulement d'un courant local, causé par les eaux qui se dirigent au large, directement de Punta Almina à Cap Tres Forcas et qui, en arrivant à ce dernier Cap, produisent un contre-courant en sens inverse, qui suit les côtes marocaines, en direction de l'Est à l'Ouest. Pendant le temps employé par les eaux pour arriver de Punta Almina au Cap Tres Forcas et de cet endroit à Punta Almina, la température élevée et l'évaporation active augmentent le degré thermique et la densité des eaux.

Le courant local du Maroc trouve le courant atlantique, qui pénètre par le Détroit, en direction perpendiculaire et mélange très rapidement ses eaux chaudes et denses aux eaux superficielles froides d'origine océanique.

Nous observons donc, que les eaux atlantiques, qui pénètrent par le détroit de Gibraltar, en direction de l'Ouest vers l'Est, changent immédiatement leurs caractères en dépassant la ligne qui relie Punta Europa à Punta Almina, à cause des deux courants qui viennent de l'Est, en emportant des eaux très chaudes et denses. Le mélange des eaux devient plus facile par la direction perpendiculaire à celle du Détroit, avec laquelle arrivent les courants côtiers espagnols et marocains.

OPTIQUE. — *Sur la polarisation circulaire de la lumière réfléchie par les Insectes.* Note de M. P. Gaubert.

On sait que la lumière réfléchie par les insectes à éclat métallique présente plusieurs modes de polarisation ([1]), variant non seulement avec les différentes parties de l'animal, mais aussi suivant les familles. Ainsi, les cétoines, les scarabées, certains lamellicornes, etc. polarisent circulairement la lumière et presque toutes les parties de l'animal, depuis les élytres jusqu'aux plus petites griffes, agissent de la même manière sur les radiations identiques.

L'examen avec un analyseur circulaire montre que les rayons polarisés circulairement sont gauches, à l'exception toutefois des radiations de l'extrémité rouge du spectre. Ainsi, j'ai constaté que les griffes des pattes du *Chrysina amena* réfléchissent des radiations rouges polarisées droites.

Par conséquent, pour presque toutes les couleurs du spectre, le sens de la rotation est le même que celui des rayons réfléchis par les cristaux liquides des sels de cholestérine, et l'insecte, pour cette propriété optique, ne possède pas de plan de symétrie, mais montre un arrangement hélicoïdal comme la coquille d'un gastéropode.

J'ai repris l'étude de ce phénomène, à l'occasion de recherches sur les cristaux liquides, et ai fait les observations suivantes :

Les rayons polarisés circulairement par les insectes possèdent les propriétés des rayons circulaires obtenus par les procédés habituels. Par réflexion, le sens de la rotation change de signe comme je l'ai aussi constaté avec ceux produits par réflexion par les cristaux liquides : les rayons gauches deviennent droits. Pour mettre le fait facilement en évidence, je place sur un miroir la préparation du sel de cholestérine ou l'insecte, de manière que l'objet et l'image réfléchie puissent être examinés simultanément avec un analyseur circulaire. L'une des deux images est éteinte quand l'autre paraît brillante. Cette expérience permet de déceler, par la comparaison des couleurs des deux images données par le même point de l'insecte, l'existence de rayons polarisés circulairement, alors même que leur proportion est très faible par rapport à celle des autres rayons.

([1]) A.-A. Michelson, *Phil. Mag.*, t. 21, 1911, p. 554. — Mallock, *Proc. Roy. Soc.*, série A, t. 85, 1911, p. 598.

Habituellement, les élytres polarisant circulairement la lumière sont complètement opaques, mais j'ai trouvé que dans une variété de l'*Anomala œnea, De Geer*, elles sont transparentes, bien qu'elles possèdent un certain éclat métallique, mis en évidence par leur immersion dans un liquide et par l'examen sur un fond noir. Observées par transparence au microscope et avec les nicols croisés, j'ai constaté qu'elles montrent une teinte verte identique à celle des rayons réfléchis. Par conséquent, on a encore là un phénomène observé dans les cristaux liquides des sels de la cholestérine.

Les rayons polarisés circulairement étant en faible proportion dans les parties très transparentes de l'élytre, il y a avantage à faire l'examen dans une chambre noire, la préparation étant seule éclairée. La teinte verte transmise change parfois d'intensité avec la rotation de la préparation. Le fait est dû à ce que la cuticule est plus ou moins biréfringente. Par place, elle montre, en lumière convergente, l'image d'un cristal uniaxe négatif ou à deux axes plus ou moins écartés. La biréfringence est due probablement à la structure lamellaire de la chitine. L'examen microscopique montre, en outre, que les parties réfléchissant et transmettant le mieux la lumière verte sont, par transparence, plus rougeâtres que les autres en lumière naturelle.

A quoi faut-il attribuer cette polarisation circulaire? Tous les systèmes de structure d'où dépendent les autres propriétés optiques : couleur naturelle et métallique, polarisation rectiligne, etc., se trouvent symétriquement placés sur les deux côtés de l'animal et, si un tel système produisait la polarisation circulaire, les deux parties droite et gauche du coléoptère seraient polarisées en sens inverse. L'examen microscopique des plus petits détails de structure sur de la chitine, traitée par l'hyposulfite de soude, montre que les particularités observées sur un point se retrouvent symétriquement sur l'autre côté de l'animal. La polarisation circulaire est donc indépendante de la disposition symétrique des organes. L'animal se comporte comme si la cuticule qui l'enveloppe avait été taillée dans une seule lame de tissu polarisant les rayons circulairement.

Pour expliquer ce fait on peut faire deux hypothèses :

1° Il existe dans la cuticule une substance à l'état de cristal liquide et convenablement orientée; il ne s'agit pas des sels connus de la cholestérine, puisque la polarisation ne disparaît complètement que vers 300°, mais d'un composé presque solide dont le domaine de stabilité comprend un intervalle considérable de température.

Les sels de cholestérine s'orientent très bien sur la cuticule et, j'ai observé

qu'un insecte quelconque montre de belles teintes vertes, s'il est enduit d'un mélange donnant des cristaux liquides stables quelques heures et même quelques jours à la température ordinaire.

2° J'ai montré [1] que les rayons traversant, suivant leur longueur, les fibres à enroulement hélicoïdal de cholestérine sont polarisés circulairement. Par conséquent, il suffit qu'il y ait dans la cuticule de telles fibres parallèles orientées perpendiculairement à la surface extérieure de l'animal. Du pigment ou la substance colorée naturellement pourrait absorber certaines radiations. La cholestérine fondant vers 147° ne peut pas être la cause de ce phénomène, mais les biologistes nous ont montré la diffusion de cette substance dans les tissus animaux et végétaux et le rôle considérable que ses composés jouent dans les phénomènes vitaux; aussi il me paraît probable que c'est à une de ses combinaisons qu'il faut attribuer la polarisation circulaire dans les deux hypothèses.

PHYSIQUE. — *Les pellicules sphériques électrisées. Calcul direct de la constante de gravitation en fonction des constantes d'Avogadro, de Faraday, de Rydberg et de Planck.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Soient a le rayon, e la charge et ν la masse d'une pellicule sphérique électrisée parfaitement élastique. Dans l'état d'équilibre la pression électrostatique ϖ est neutralisée par une pression ϖ', égale et opposée, attribuable, pour partie, à un excès déterminé de la pression extérieure sur la pression intérieure et, pour partie, à des forces analogues à la cohésion pouvant s'exercer dans l'épaisseur même de la pellicule. Nous poserons $\varpi' = ka^n$, k et n désignant des constantes. La condition de stabilité $(n+4>0)$ étant remplie, si l'on augmente légèrement le rayon de la pellicule et qu'on l'abandonne ensuite à elle-même, elle exécute des vibrations pendulaires dont la pulsation $\left(\text{lorsqu'on pose } \nu = \frac{2}{3}\frac{e^2}{V^2 a}\right)$ a pour expression :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{V\sqrt{3}\sqrt{n+4}}{2a},$$

V désignant la vitesse de la lumière et T la période.

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 764, et *Annales de Physique*, 9e série, t. 6, 1916, p. 356.

L'énergie électrique de la pellicule au repos $\left(\frac{1}{2}\frac{e^2}{a}\right)$ revêt alors la forme $\frac{H}{T}$ analogue à celle $\left(\frac{h}{T}\right)$ des quanta de Planck. Si l'on prend e égal à la charge électrostatique élémentaire la constante H est de l'ordre de $h\frac{\mu}{\nu}$, μ désignant la masse de l'électron et ν celle du noyau d'hydrogène. En toute généralité on peut poser $H = ph\frac{\mu}{\nu}$, p désignant un nombre convenable, ce qui donne

(1) $$T = \frac{4ph\mu}{\nu^2 V^2}.$$

2. Ceci étant, assimilons le noyau positif de l'hydrogène (envisagé comme représentant, avec l'électron, l'un des deux constituants universels de la matière) à une pellicule sphérique électrisée en état de vibration spontanée et considérons deux tels noyaux séparés par une distance d très grande relativement à leur rayon a.

La pulsation des noyaux fait apparaître entre leurs charges une action *électrodynamique* dont la valeur moyenne calculée par les formules que j'ai précédemment établies ([1]) prend *quelle que soit la différence de phase pouvant exister entre les noyaux* ([2]) la forme d'une attraction newtonienne :

$$f = \frac{1}{d^2}\left(\frac{e\omega^2\varepsilon^2}{6V^2}\right)^2,$$

ε désignant l'amplitude de la vibration.

Si l'on identifie f avec la force de gravitation $\varphi\frac{\nu^2}{d^2}$ qui s'exerce entre les deux masses ν, on obtient :

(2) $$\sqrt{\varphi} = \frac{1}{6}\frac{e}{\nu}\frac{\omega^2\varepsilon^2}{V^2},$$

formule qui permettra le calcul *direct* de φ si l'on arrive à déterminer ε par une voie indépendante.

3. C'est ce que nous allons tenter en comparant l'énergie cinétique moyenne de vibration $\left(\mathfrak{W} = \frac{1}{4}\nu\omega^2\varepsilon^2\right)$ du noyau de l'hydrogène avec

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 940.

([2]) Par là notre théorie diffère complètement de celle des sphères pulsantes de Bjerknes qui conclut à une attraction ou à une répulsion suivant que les sphères sont en phase ou en opposition. D'ailleurs les sphères de Bjerknes ne sont pas électrisées et le mécanisme de leur action est purement hydrodynamique.

l'énergie cinétique moyenne $\mathfrak{P}'$ de son électron orbital, dans le cas simple d'un seul quantum *azimutal* (orbite circulaire). Plus exactement, T désignant la période vibratoire du noyau et T′ la durée de révolution de l'électron orbital, nous comparerons les quotients $\frac{\mathfrak{P}}{T}$ et $\frac{\mathfrak{P}'}{T'}$ qui représentent ce que l'on peut appeler la puissance cinétique moyenne de la vibration nucléaire et celle de l'électron orbital. Observant que la pulsation du noyau se développe dans l'espace à trois dimensions tandis que l'orbite électronique n'intéresse que deux dimensions seulement, nous déterminerons ε en posant ($\mathcal{R}$ désignant la constante de Rydberg) :

$$\frac{1}{3}\frac{\mathfrak{P}}{T} = \frac{1}{2}\frac{\mathfrak{P}'}{T'} = \mathcal{R}^2 h, \tag{3}$$

ce qui revient à équipartager la puissance cinétique moyenne.

Si l'on élimine alors $\omega\varepsilon$ et T entre (1), (2) et (3), on obtient

$$\sqrt{\varphi} = \frac{8}{3}\frac{\mathcal{N}^2 \mathcal{F}^2 \mathcal{R}^2 h^2}{N^4 \rho} p,$$

formule remarquable qui permet de calculer directement la constante φ de Newton en fonction des constantes d'Avogadro ($\mathcal{N}$), de Faraday ($\mathcal{F}$), de Rydberg ($\mathcal{R}$), de Planck (h), de la masse moléculaire ($N = \nu\mathcal{N}$) du noyau d'hydrogène (rapportée à l'atome-gramme), du rapport ρ de la charge à la masse de l'électron et enfin du nombre p. Si l'on pose

$$\mathcal{F} = 9646 \text{ e. m.}, \qquad \mathcal{R} = 109\,678, \qquad h = 6{,}55 \times 10^{-27},$$
$$N = 1{,}0072, \qquad \rho = 5{,}305 \times 10^7 \text{ e. s.}, \qquad V = 2{,}9986 \times 10^{10}.$$

Si l'on prend, en outre, pour $\mathcal{N}$ la valeur $6{,}056 \times 10^{23}$, tirée de la formule de Bohr, mise sous la forme

$$\mathcal{N}^5 = \frac{2\pi^2 \mathcal{F}^5 V^4}{\rho h^3 \mathcal{R}_\infty} \qquad (\text{où } \mathcal{R}_\infty = 109.737)$$

et, si l'on pose $p = 3$, on trouve, en tenant compte des incertitudes probables [1],

$$\varphi_{\text{calc.}} = (6{,}66 \pm 0{,}05).10^{-8} \qquad \text{avec} \qquad \varphi_{\text{obs.}} = 6{,}66_7 \times 10^{-8}.$$

[1] Quelque étroite que soit la marge (0,05) qui subsiste pour la valeur calculée de φ, elle laisse actuellement ouverte la question de savoir dans quelle mesure, assurément très faible, l'électron, considéré lui aussi comme une pellicule électrisée vibrante, peut intervenir dans le phénomène gravifique.

5. La valeur numérique de p $(p=3)$ étant ainsi fixée, on trouve aisément, pour la fréquence de la radiation nucléaire, $n=10^{26}$ et pour celle de l'électron (évaluée dans les mêmes conditions) $n'=\frac{1}{2}10^{23}$, ce qui confère au rayonnement gravifique une puissance de pénétration pratiquement illimitée et le classe dans le domaine des radiations ultrapénétrantes auxquelles divers auteurs, et notamment M. Perrin, ont attribué l'origine de la radioactivité.

ÉLECTRICITÉ. — *Accumulateur au plomb insulfatable.* Note de M. **Ch. Féry**, présentée par M. G. Ferrié.

I. Mon attention a été attirée, pendant la guerre, sur le grand intérêt que présenteraient en Télégraphie, des piles ou des accumulateurs à bonne conservation.

L'accumulateur au plomb sous sa forme ordinaire a en effet l'inconvénient de se décharger spontanément, et Jumau a trouvé qu'un de ces éléments a perdu toute sa charge en quatre mois (¹).

J'ai néanmoins pensé qu'après avoir étudié de près les causes de cette action locale, il serait peut-être possible de constituer des accumulateurs à liquide immobilisé, présentant les avantages bien connus des piles sèches, et ayant en outre la précieuse propriété de pouvoir se recharger.

L'Académie a bien voulu s'intéresser à cette étude (²) et ce sont les résultats très encourageants, que j'ai obtenus, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui.

II. Il m'a semblé indispensable, tout d'abord, de commencer ce travail par une étude théorique approfondie du fonctionnement de l'admirable instrument découvert par G. Planté.

Au moment où j'ai commencé mes recherches, la théorie bien connue de la double sulfatation régnait en maîtresse; je dois avouer qu'elle ne m'avait jamais satisfait.

En m'appuyant sur les seuls résultats que me fournissait l'expérience, et à l'exclusion de toute hypothèse, j'ai pu prouver (³) que la réaction réver-

(¹) *Les accumulateurs électriques* (Ouvrage couronné par l'Académie), courbe 136, p. 347.

(²) Attribution d'une subvention sur la fondation Clément Félix en 1919 pour la continuation de *recherches en vue de réalisation d'un accumulateur sec.*

(³) *Bulletin de la Société chimique de France*, t. 25, 1919, p. 223.

sible de l'accumulateur au plomb est la suivante :

$$Pb^2 + SO^4H^2 + Pb^2O^5 \rightleftharpoons Pb^2SO^4 + 2PbO^2 + H^2O.$$

Ainsi donc, non seulement il ne se forme pas de sulfate de plomb aux deux électrodes, comme le voulait la théorie de la double sulfatation, *mais jamais, dans une décharge normale, ce composé ne prend naissance.*

Ce n'est qu'accidentellement que ce sel blanc, peu soluble et isolant, se produit et donne lieu au phénomène de la « sulfatation » tant redouté des praticiens.

Cette sulfatation profonde constitue le plus gros défaut de l'accumulateur au plomb actuel.

Des deux composés peu connus qui figurent dans la réaction à laquelle j'ai été conduit, l'un, le peroxyde noir du plomb Pb^2O^5, avait déjà été signalé par Drewiecky (1), et l'autre, le sulfate plombeux Pb^2SO^4, d'un gris noir, a été récemment préparé par Denham (2).

Il résulte donc de mes recherches que la pile secondaire de Planté fonctionne exactement comme les autres piles, en donnant lieu à un sel du métal attaqué à la négative, et en ramenant à la positive le dépolarisant à un degré inférieur d'oxydation.

III. Mes essais ont montré que la cause de la décharge spontanée de l'accumulateur est due à l'action combinée de l'électrolyte et de l'*oxygène* sur la plaque négative, en donnant la réaction

$$Pb^2 + SO^4H^2 + O = Pb^2SO^4 + H^2O.$$

L'action peut même être plus profonde et donner lieu à la production de sulfate plombique

$$Pb^2SO^4 + SO^4H^2 + O = 2SO^4Pb + H^2O.$$

C'est cette seconde réaction qui se produit lorsqu'un élément déchargé est abandonné au repos.

Pour éviter cet accident, *il suffit de soustraire la négative à l'action de l'oxygène* qui provient non seulement de l'air, mais aussi de la positive, dont la matière active est, comme je l'ai montré, endothermique et très instable.

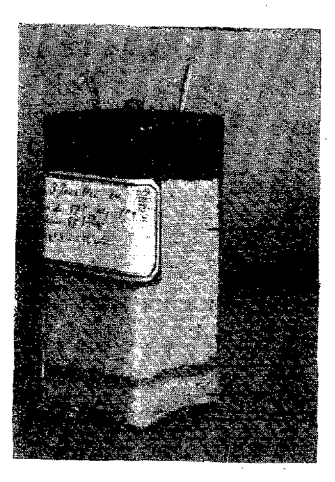
J'ai alors appliqué, à l'accumulateur, les dispositions générales qui m'ont donné de si bons résultats dans la pile à dépolarisation par l'air, au sel

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. 6, 1882, p. 414.

(2) *Chemical Society*, février 1919.

ammoniac (¹), et dans laquelle le zinc est protégé contre l'action oxydante de l'air, cause de l'usure locale, par son immersion au fond du vase.

La photographie (voir figure) a été prise sur un élément ainsi monté et ayant subi un commencement de décharge afin de montrer le noircissement



de la négative par formation de Pb^2SO^4. On voit en A la matière poreuse immobilisant les deux électrodes; en B, le plomb réduit formant la négative et occupant le fond du vase; enfin C est la région plus noire transformée en sulfate plombeux.

IV. *Résultats obtenus.* — Avec ce dispositif très simple, l'accumulateur acquiert tous les avantages qu'on peut rechercher dans une pile sèche : force électromotrice élevée, résistance intérieure faible, régénération électrolytique peu coûteuse, bonne conservation de la charge au repos. Enfin ce nouvel élément est complètement insulfatable.

Un accumulateur de ce système abandonné au repos pendant 26 mois, n'a perdu que 66 pour 100 de sa charge, ce qui, en admettant une loi exponentielle pour cette décharge spontanée, conduit à une perte mensuelle de 4 pour 100 seulement. Au bout de 4 mois, cet élément aurait donc gardé 83 pour 100 de sa capacité, tandis qu'un élément ordinaire aurait tout perdu.

La protection de la négative contre les causes d'oxydation est si parfaite, qu'un élément déchargé et mis au repos pendant *deux ans* a pu être normalement rechargé au bout de ce temps.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 317.

Les qualités acquises par l'accumulateur au plomb au moyen de cette nouvelle disposition des électrodes lui ouvrent une foule d'applications dont il avait été exclu sous sa forme habituelle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption de la vapeur de soufre en rapport avec la constitution des molécules.* Note de MM. **Victor Henri** et **M. C. Teves**, présentée par M. G. Urbain.

La constitution moléculaire de la vapeur de soufre varie avec la température : pour une pression inférieure à 10^{mm}, on a au-dessous de 250° uniquement un mélange de S_8 et S_6. Au-dessus commencent à apparaître, d'une façon sensible, les molécules S_2; leur proportion augmente avec la températures, tandis que celle de S_6 et surtout de S_8 diminue. Au-dessus de 850° les molécules S_2 commencent à se dissocier en atomes S.

Nous avons étudié le spectre d'absorption de la vapeur de soufre portée à des températures comprises entre 100 et 1000°.

Technique. — La vapeur est contenue dans un tube en quartz avec des fenêtres soudées bien planes et polies. Ce tube ayant une longueur de 5^{cm} est placé dans un four électrique tubulaire muni de fenêtres de quartz planes; la température est ainsi très uniforme. Un dispositif spécial permet d'introduire des quantités bien déterminées de vapeur de soufre à des pressions variables; un bon vide est fait avec deux pompes à diffusion.

La source lumineuse est une étincelle de haute fréquence (10^6 par seconde) entre des électrodes de Cu dans l'eau; cette étincelle donne un spectre intense et parfaitement continu jusqu'à $\lambda = 2300$ Å. Les mesures ont été faites avec une précision de 0,02 à 0,01 Å.

Résultats. — 1° Les molécules S_8 et S_6 présentent un spectre d'absorption continu sans aucune structure. Pour une pression égale à 20^{mm} et une épaisseur de 5^{cm} cette absorption commence vers $\lambda = 2700$ Å et augmente graduellement jusqu'à 2300 Å (limites de nos mesures).

2° Les molécules S_2 possèdent un spectre d'absorption formé d'un très grand nombre de bandes. Les premières bandes situées entre 2927 et 2713 Å apparaissent déjà pour une pression de S_2 égale à $0^{mm},05$. Lorsque la pression augmente, le nombre de ces bandes croît très vite, elles s'étendent du côté ultraviolet jusqu'à 2475 Å et du côté rouge jusqu'à 3700 Å pour une pression égale à 53^{mm}.

3° Le spectre de bandes de la vapeur de S_2 se compose de trois régions bien distinctes :

A. *Région entre* 3700 *et* 2794,2 Å : *spectre avec structure fine correspondant à une quantification des rotations de la molécule.* — Cette région comprend, entre 2794,2 et 3295 Å, 14 *groupes* de bandes presque équidistants avec $\Delta\frac{1}{\lambda} = 397\ \text{cm}^{-1}$, et entre 2948 et 3700 Å neuf *groupes* avec $\Delta\frac{1}{\lambda} = 700\ \text{cm}^{-1}$. Chacun de ces groupes se décompose en plusieurs *séries* de bandes, et chaque bande de ces séries est formée d'un grand nombre de raies très fines et très rapprochées ; ces raies se distribuent en *suites* régulières ; l'origine de chaque suite se trouve du côté ultraviolet par rapport à la queue et la tête des branches positives est distante environ de 2 Å de l'origine (nomenclature de *Fortrat*) ; les raies sont très fines et très serrées (environ de 0,1 Å) surtout près de l'origine et de la tête des suites.

Toutes ces séries de bandes et suites de raies empiètent les unes sur les autres, ce qui rend le spectre extrêmement complexe ; on trouve en effet dans cette région plus de 5000 raies d'absorption.

Nous avons réussi à analyser ce spectre, grâce à l'étude systématique de l'influence de la pression de la vapeur de S_2 sur l'ordre d'apparition des différentes bandes et suites de raies. On assiste ainsi au développement graduel du spectre, les séries apparaissent les unes après les autres et les suites de raies ressortent dans un ordre bien déterminé.

A la pression minima à laquelle une bande apparaît, on distingue nettement que les raies qui forment cette bande se décomposent en trois suites régulières :

R(m) $\nu = \nu_0 + c_1(2m+1) + m^2 c_2$, branche positive, $m \to m+1$,
P(m) $\nu = \nu_0 - c_1(2m-1) + m^2 c_2$, branche négative, $m \to m-1$,
Q(m) $\nu = \nu_0 + m^2 c_2$, branche nulle, $m \to m$

avec

$$c_1 = \frac{h}{8\pi^2 c \mathcal{J}_1} = 2\ \text{cm}^{-1}, \qquad c_2 = \frac{h}{8\pi^2 c \mathcal{J}_1} - \frac{h}{8\pi^2 c \mathcal{J}_0} = -0,2 ;$$

les valeurs de m variant de 1 à 27. Lorsque la pression augmente, on voit apparaître de nouvelles suites R′, P′, Q′.

Le moment d'inertie de la molécule normale S_2 est donc égal à

$$\mathcal{J}_0 = 12,6 . 10^{-40},$$

celui de la molécule activée est

$$\mathcal{J}_1 = 13,8 . 10^{-40} ;$$

les noyaux des atomes de S se trouvent donc dans la molécule à une distance de $l_0 = 0,7$ Å et $l_1 = 0,73$ Å, et ces atomes vibrent l'un par rapport à l'autre avec une fréquence correspondant à la période fondamentale 397 cm^{-1} ($\lambda = 25^{\mu},2$ et $\nu = 12 . 10^{12}$ vibrations par seconde).

B. *Région entre* 2794,2 *et* 2592 Å : *spectre formé de bandes étroites continues sans aucune structure fine.* — Le spectre d'absorption de la vapeur de S_2 change d'une façon absolument brusque pour la longueur d'onde 2794,2 Å; la structure fine disparaît complètement. Cette deuxième région du spectre se compose de huit groupes de bandes presque équidistantes $\Delta\frac{1}{\lambda} = 360$ cm^{-1}; chaque groupe est formé d'une vingtaine de bandes étroites ayant 1 à 2 Å de largeur; ces bandes sont continues; ceci signifie que la rotation de la molécule n'est plus quantifiée, elle peut varier d'une façon continue. Nous avons là un cas particulier d'un type général de spectres d'absorption, observés par l'un de nous pour un grand nombre de molécules (¹).

La limite de passage 2794,2 correspond à une transformation de la molécule S_2 qui se produit pour une augmentation de l'énergie interne de $102\,100^{cal}$ par molécule-gramme.

La fréquence d'oscillation des atomes de cette molécule S_2 activée par absorption de radiations entre 2794,2 et 2592 est inférieure (360 cm^{-1}) à celle de la molécule non activée (397 cm^{-1}); ceci signifie que la distance entre les atomes de la molécule activée est supérieure à celle dans la molécule normale.

C. *Région entre* 2592 *et* 2475 Å : *spectre formé de bandes larges continues.* — Pour $\lambda = 2592$ un nouveau changement brusque se produit : les groupes de bandes deviennent continus, les bandes étroites disparaissent complètement. On distingue dans cette région six bandes larges presque équidistantes $\Delta\frac{1}{\lambda} = 300$ cm^{-1}, ayant une largeur de 10 à 15 Å.

Cette limite 2592 correspond à une augmentation de l'énergie interne de 110000^{cal}, égale à une énergie de chocs électroniques sous un potentiel de 4,77 volts. Or d'après Foote et Mohler le potentiel de résonance de la vapeur de soufre est égal à 4,78 volts. La limite de la troisième région du

(¹) V. Henri, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1037. — V. Henri et H. de Laszlo, *Proc. Roy. Soc.*, t. 105, 1924, p. 662.

spectre (2592 Å) correspond donc au passage des électrons de valence du soufre de l'état normal à un niveau énergétique supérieur. Ce passage entraîne ainsi la disparition de la quantification de toute une série de mouvements dans la molécule.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherche sur la constante d'affinité de quelques bases organiques*. Note de MM. **M. Bourgeaud** et **A. Dondelinger**, présentée par M. G. Urbain.

Nous possédons à l'heure actuelle de nombreuses données sur les constantes d'affinité des acides organiques ; par contre peu d'auteurs ont étudié les bases organiques à ce point de vue. Les recherches effectuées sur les amines sont dues surtout à Ostwald (¹), Walker (²) et Bredig (³). Elles mirent en relief l'influence de la nature des radicaux et de la position du substituant. Les radicaux se classent en radicaux positivants et radicaux négativants; les premiers sont ceux qui favorisent l'absorption d'une charge ionique négative et les seconds ceux qui favorisent l'absorption d'une charge ionique positive. L'influence d'un radical est d'autant plus grande que l'endroit où il est substitué est plus proche de l'atome d'azote où se fait la scission ionique.

Nous avons étudié vingt-sept amines dérivant de l'aniline, de la benzylamine et de l'indanylamine. Pour calculer la constante d'affinité de ces bases nous avons déterminé le degré d'hydrolyse de leurs chlorhydrates par des mesures de P_H et appliqué les formules classiques (⁴).

Dans une première série d'expériences nos mesures ont porté sur l'aniline, l'indanylamine, la benzylamine, leurs dérivés, mono et diméthyliques, mono et diéthyliques; les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

(¹) *Journ. prakt. Chem.*, t. 31, 1885, p. 433, et *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 3, 1889, p. 170 et 418.

(²) *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 4, 1899, p. 319.

(³) *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 3, 1894, p. 289.

(⁴) Un mémoire plus détaillé paraîtra dans un autre recueil.

Corps.	Concentration moléculaire.	PH.	Constante d'affinité de la base.	Auteurs étrangers.
Aniline	"	"	$4,6 \times 10^{-10}$	I
Chlorhydrate de méthylaniline	0,055	2,78	$2,1 \times 10^{-10}$	
» de diméthylaniline	0,065	2,57	$9,3 \times 10^{-21}$	
» d'éthylaniline	0,0517	2,95	$1,05 \times 10^{-9}$	
» de diméthylaniline	0,083	3,74	$2,7 \times 10^{-8}$	
» d'indanylamine	0,1	4,37	$5,75 \times 10^{-7}$	
» de méthylindanylamine	0,1	3,86	$5,65 \times 10^{-8}$	
» de diméthylindanylamine	0,1	4,11	$1,7 \times 10^{-7}$	
» d'éthylindanylamine	0,1	4,20	$2,7 \times 10^{-7}$	
» de diéthylindanylamine	0,1	3,85	$5,2 \times 10^{-8}$	
Benzylamine	"	"	$2,4 \times 10^{-5}$	II
Chlorhydrate de méthylbenzylamine	0,0549	4,07	$7,95 \times 10^{-8}$	III
» de diméthylbenzylamine	"	"	$1,05 \times 10^{-5}$	
» d'éthylbenzylamine	0,0665	3,93	$5,04 \times 10^{-8}$	
» de diéthylbenzylamine	"	"	$3,6 \times 10^{-5}$	

Auteurs étrangers. — I. Lunden, *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 54, 1906, p. 532. — II. Bredig, *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 13, 1894, p. 191. — III. Goldschmitt et Salcher, *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 29, 1899, p. 89.

L'aniline a une constante d'affinité plus faible que l'indanylamine, celle-ci ayant une constante d'affinité plus faible que la benzylamine. Ces résultats peuvent s'expliquer qualitativement en considérant la structure de ces molécules et la symétrie de ces structures. L'aniline est, de ces trois bases, celle qui a la structure la plus rassemblée et la plus symétrique; l'atome d'azote au voisinage duquel se fait la scission ionique est très proche de l'ensemble du radical phényl, et est placé dans le plan de symétrie de la molécule. Dans le cas de l'indanylamine, il n'y a plus de plan de symétrie, et l'atome d'azote est situé sur le pourtour de la molécule; ce fait est encore plus marqué dans la benzylamine, l'atome d'azote étant situé à l'extrémité d'une chaîne latérale, et éloignée de la masse centrale de la molécule. La scission ionique est donc plus probable dans le dernier cas que dans le second, et *a fortiori* que dans le premier.

La substitution d'un ou deux radicaux CH^3 abaisse toujours la constante d'affinité. Le premier radical CH^3 substitué joue le rôle d'un radical négativant, le second CH^3 substitué joue le rôle soit d'un radical négativant, soit d'un radical positivant. La substitution d'un ou deux radicaux C^2H^5 abaisse ou élève la constante d'affinité; les résultats peuvent s'interpréter en admettant que le radical C^2H^5 est spécifiquement positivant et

que son influence est d'autant plus grande que le rapport de sa masse à la masse de la molécule dans laquelle il est substitué est plus grand.

Dans une deuxième série d'expériences nous avons mis en évidence l'influence de la substitution du radical indanyl à un atome d'hydrogène :

Chlorhydrate de :	Concentration moléculaire.	P_H.	Constante d'affinité de la base.	Constante d'affinité de Bredig (*loc. cit.*).
Phénylindanylamine	0,1	1,48	$6,25\times10^{-13}$	//
Orthotolylindanylamine	»	1,16	$6,7\times10^{-14}$	//
Métatolylindanylamine	»	1,775	$3,1\times10^{-12}$	//
Paratolylindanylamine	»	1,48	6.3×10^{-13}	//
Métanitrophénylindanylamine	»	1,014	$3,5\times10^{-15}$	//
Paranitrophénylindanylamine	»	1,003	$7,4\times10^{-16}$	//
4-Amino-1.3-xylylindanylamine	»	1,295	2×10^{-13}	//
Méthylbenzylindanylamine	»	3,925	$7,4\times10^{-8}$	//
Diindanylamine	0,0134	4,155	$2,9\times10^{-8}$	//
Méthylindanylamine	0,1	2,81	$4,4\times10^{-10}$	//
α-Naphtylindanylamine	»	1,39	$3,7\times10^{-13}$	//
β-Naphtylindanylamine	0,0365	1,46	$1,8\times10^{-14}$	//
4-Amino-1.3-xylène	0,1	2,87	$5,65\times10^{-10}$	//
Orthotoluidine	»	2,74	$3,1\times10^{-10}$	$3,3\times10^{-10}$
Métatoluidine	»	2,915	7×10^{-10}	6×10^{-10}
Paratoluidine	»	2,82	$4,5\times10^{-10}$	2×10^{-9}

Amines.	Constante d'affinité.	Auteurs.
Métanitroaniline.	4×10^{-12}	Löwentierz, *Zeitsch. physik. Chem.*, t. 25, 1898, p. 385
Paranitroaniline.	1×10^{-12}	
α-Naphtylamine.	$9,9\times10^{-11}$	Farmer et Warsh, *Journ. Chem. Soc.*, t. 85, 1904, p. 1713
β-Naphtylamine.	$2,0\times10^{-10}$	

Il résulte de la comparaison de ces nombres : 1° que le radical indanyl joue toujours le rôle d'un radical négativant; 2° que la substitution du radical indanyl dans une famille d'amines isomères ne change pas le classement de ces amines; 3° que la substitution en para d'un radical CH^3 n'exerce que très peu d'influence sur la constante d'affinité, remarque déjà faite par Walker (*loc. cit.*).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique des rayons β de grandes vitesses du mésothorium* 2. Note de M. **D. Yovanovitch** et **J. d'Espine**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente (¹) nous avions signalé, complétant le spectre magnétique de rayons β du mésothorium 2, de nouvelles raies non mentionnées dans le travail de Hahn, von Baeyer et Mlle Meitner.

En particulier, nous avions trouvé que la bande continue de rayons β signalée par ces auteurs présente certains maxima et même des raies, et nous avions remarqué l'existence probable d'une ou de plusieurs raies correspondant à des vitesses comprises entre $\beta = 0,998$ et $\beta = 0,985$ (la vitesse de la lumière étant prise pour unité).

Notre attention était donc attirée sur ces rayons β de très grande vitesse qui présentent un très grand intérêt théorique du point de vue de la structure atomique.

Nous avons pu réaliser depuis, à l'aide du mésothorium mis à notre disposition par Mme Curie, de très fortes préparations de mésothorium 2, correspondant environ, en rayons γ, à 50mg de radium en équilibre.

En utilisant différents champs magnétiques, nous avons nettement constaté l'existence de deux raies de très grande vitesse ($\beta = 0,998$ et $\beta = 0,986$). Plusieurs mesures concordantes de ces raies ont été obtenues sur différents clichés. Les rayons β correspondants traversent très facilement des écrans métalliques, tels qu'une feuille de plomb de 0mm,1 ou une feuille d'aluminium de 0mm,5 posée sur la plaque photographique.

Dispositif expérimental. — La méthode de préparation des sources a déjà été décrite dans la précédente Note. L'appareil à déviation directe a été amélioré par l'emploi d'un diaphragme de plomb donnant une fente plus régulière et plus étroite. De plus on a canalisé les rayons par des écrans d'aluminium diminuant de beaucoup l'effet du rayonnement secondaire. Notons qu'avec ce même appareil nous avons retrouvé la raie des rayons β de grande vitesse du thorium C + D ($\beta = 0,955$), déjà mise en évidence par Mlle Meitner avec un appareil du même type.

Nous avons essayé de remplacer l'électro-aimant Weiss, utilisé jusqu'ici pour la production du champ magnétique, par deux bobines parallèles sans

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1810.

fer. Ces bobines permettent d'avoir un champ uniforme à $\frac{1}{10000}$ près dans la région utile. La description de cet appareil sera donnée ultérieurement.

Résultats. — Les résultats réunis dans le tableau ci-dessous complètent ceux que nous avons cités dans la Note précédente :

Vitesse des rayons rapportée à celle de la lumière $\left(\beta = \frac{v}{c}\right)$.	Limite des erreurs.	Intensité de la raie.	Potentiel correspondant en volts.
0,998	±0,0005	faible	7550000
0,986	±0,001	faible	2600000

Ces raies sont bien dans les limites prévues dans notre première publication, et la première correspond aux rayons β les plus rapides mesurés jusqu'ici.

Des recherches sont actuellement en cours sur les rayons β de grande vitesse du mésothorium 2.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de l'acide sulfurique en hydrogène sulfuré.* Note de **M. A. Vila**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. Quand on chauffe de l'acide sulfurique à sa température de dissociation et que le mélange gazeux résultant est ensuite porté à haute température en présence d'un excès d'hydrogène, on constate toujours la formation d'hydrogène sulfuré.

Sans précautions spéciales, cette réduction est imparfaite; la mesure en est donnée par le dosage de l'hydrogène sulfuré.

Il était intéressant de rechercher les conditions assurant le maximum possible de réduction, c'est-à-dire la transformation totale de l'acide sulfurique en hydrogène sulfuré suivant l'équation

$$SO^4H^2 + 4H^2 = 4H^2O + H^2S.$$

On a trouvé que la réaction s'effectue avec un rendement théorique en faisant circuler les gaz sur une masse de contact constituée par de la silice chauffée au rouge. Ce rendement a été observé aux températures comprises entre 700° et 900°.

Il n'en va plus de même si l'on abaisse la température ou si l'on retire la masse de contact, ou encore si l'on substitue le charbon, platiné ou non,

à la silice. Dans ces divers cas, le rendement de la réaction reste inférieur à 80 pour 100.

II. On a étudié cette transformation avec un appareil composé d'un tube de 45^{cm} de longueur et de 18^{mm} de diamètre, précédé d'un générateur d'hydrogène pur et suivi d'un système absorbeur du gaz hydrogène sulfuré. Le tube, en silice fondue ou en porcelaine émaillée, peut être chauffé par un four électrique à résistance, sur une longueur de 20^{cm}.

Entre le générateur d'hydrogène et le tube laboratoire on interpose une fiole contenant de l'eau pure. Le chauffage de cette eau permet de faire passer, au moment voulu, un courant de vapeur dans le tube.

La première partie du tube, non chauffée électriquement, contient la nacelle à acide sulfurique.

A la suite de cette nacelle, l'espace du tube est rempli avec des fragments de la grosseur d'un pois en silice poreuse, agglomérée par un début de fusion.

Enfin, le tube laboratoire déborde de 5^{cm} à 6^{cm} hors du four électrique; il communique avec une fiole conique entourée d'eau froide, contenant un réactif absorbant l'hydrogène sulfuré. Dans cette fiole, le tube d'arrivée des gaz ne plonge pas, mais débouche au-dessus de la surface du réactif. Les gaz traversent ensuite un tube d'absorption à trois boules, contenant le même liquide.

III. Au début de l'expérience on chasse l'air de l'appareil par un courant d'hydrogène; on élève ensuite la température du four jusqu'à atteindre 750°; le courant d'hydrogène est maintenu et l'on commence à chauffer sous la nacelle avec un brûleur à gaz à courte flamme, d'abord éloigné puis peu à peu rapproché.

Vers la fin de l'opération, qui dure à peu près une heure, la nacelle doit être chauffée à 400° environ.

Dès que l'acide sulfurique distille, le courant d'hydrogène l'entraîne sur la silice chauffée au rouge. L'anhydride sulfureux provenant de la dissociation passe avec l'excès d'hydrogène dans la partie du tube portée à haute température, c'est dans cette zone que s'effectue la réduction formulée ci-dessus.

Afin qu'il ne reste plus trace d'hydrogène sulfuré dans l'appareil, on termine l'expérience en faisant passer dans le tube laboratoire un courant de vapeur d'eau. Cette vapeur est condensée par la fiole refroidie de l'absorbeur.

Un chauffage trop rapide ou l'arrivée d'un volume insuffisant d'hydrogène empêchent la réaction d'être complète ; dans ce cas on constate

qu'une partie de l'hydrogène sulfuré déjà formé réagit sur l'anhydride sulfureux ayant échappé à la réduction, il se produit du soufre qui se condense dans les parties froides de l'appareil où l'on peut le recueillir.

En vaporisant avec précaution l'acide sulfurique et en ne dépassant pas le débit de deux bulles par seconde dans le tube à boules, l'hydrogène sulfuré est le seul produit dégagé contenant du soufre, et la transformation devient quantitative.

Vérification expérimentale.

			Introduit.	Retrouvé.
$SO^4H^2 \frac{N}{100}$	$= 4^{cm^3}$	c'est-à-dire	$S = 0,640^{mg}$	$0,632^{mg}$
»	$= 2$	»	0,320	0,310
»	$= 1$	»	0,160	0,154
»	$= 0,5$	»	0,080	0,076

Ces chiffres ont été obtenus en utilisant comme réactif absorbant une solution titrée d'azotate d'argent d'un volume connu. En fin d'opération on sépare par filtration le sulfure précipité et l'excès d'argent resté en solution est titré volumétriquement. La méthode de Denigès [1], au cyanure d'argent, permet de faire ce titrage avec exactitude.

Pour ces mesures on a employé comme liqueurs d'argent des solutions $\frac{N}{200}$ et même $\frac{N}{800}$; ces grandes dilutions ne paraissent pas nuire à la précision des mesures.

C'est ainsi que le dosage de très petites quantités de soufre s'effectue sans difficulté, sous la condition préalable d'avoir à oxyder ce corps à l'état d'acide sulfurique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la lactone l arabonique et quelques-uns de ses dérivés.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **V. Hasenfratz.**

Découvert il y a un peu plus de trente ans par E. Fischer au cours de ses belles recherches sur les glucoses le *d* ribose a pris une grosse importance physiologique depuis que Levene et ses collaborateurs l'ont isolé de l'acide guanylique du pancréas, de l'acide inosique du muscle et de l'acide nucléique de la levure. Plus récemment on a annoncé qu'il circulait dans le sang de l'homme et des animaux supérieurs combiné équimoléculairement à l'acide

---

[1] G. Denigès, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. 6, 1895, p. 400.

urique (Newton et Alice Rohde Davis). En vue de parvenir au *l* ribose nous avons préparé la lactone ribonique et il nous a fallu pour cela nous procurer tout d'abord la lactone *l* arabonique : c'est surtout de certains dérivés de celle-ci qu'il est question dans cette Note.

Nous avons extrait l'arabinose nécessaire de la gomme de cerisier dont nous avons traité 50^{kg}. En simplifiant et améliorant la méthode d'oxydation par le brome de Kiliani nous avons obtenu la lactone *l* arabonique. Purifiée soigneusement par cristallisation dans l'acide acétique elle se présente sous la forme de très jolis cristaux courts et épais de plusieurs millimètres. Elle fond comme l'avait indiqué Fischer à 95-98°. Son pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{20} = -71°,7$ ($-73°,9$ d'après Fischer).

A partir de la lactone *l* arabonique on obtient par la méthode de Fischer la lactone *l* ribonique. Elle fond à 84-86°. Fischer avait indiqué 72-76°. Un habile chimiste néerlandais, A.-V. Ekenstein a indiqué plus récemment 80° pour la lactone *d* ribonique. Le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{15} = -18$ d'accord avec les précédents observateurs.

Éthers de l'acide arabonique. — Les chimistes familiers avec le groupe des sucres savent que les éthers des monoacides de ce groupe sont peu connus. Comme éthers à peu près purs on connaît le gluconate d'éthyle (Nef, 1914) et l'arabonate de méthyle préparé par MM. Böddener et Tollens (¹). Il ne semble pas que ces derniers aient fait une observation capitale grâce à laquelle ce *corps devient un dérivé très facile à obtenir pur et caractéristique de la lactose arabonique.* Il suffit en effet de faire dissoudre la lactone (1 partie) dans l'alcool méthylique (3 parties), en chauffant le temps juste nécessaire pour la dissoudre, c'est-à-dire quelques minutes, pour voir cristalliser au bout de très peu de temps, du jour au lendemain, l'arabonate de méthyle. En présence d'une goutte d'acide chlorhydrique, la formation d'éther semble accélérée et nous nous sommes assurés que, du premier jet, on recueille ainsi 80 pour 100 de cet éther.

Il n'en est point de même avec la lactone ribonique qui, dans les conditions ci-dessus, ne subit aucune altération visible. Pour souligner cette différence nous avons mélangé en solution méthylique parties égales des deux lactones et ajouté une goutte d'acide chlorhydrique : l'arabonate de méthyle s'est déposé cristallin et la lactone ribonique a été récupérée de l'eau mère alcoolique par évaporation à froid.

Il faut en effet signaler également la facile hydrolyse de l'arabonate de

(¹) *D. ch. Gesellschaft*, t. 43, 1910, p. 1645.

méthyle au sein de l'eau chaude de laquelle on retire finalement par évaporation la lactone initiale; en sorte que par la succession de ces deux phénomènes on a séparé le mélange des deux lactones en leurs constituants.

L'hydrolyse de l'arabonate de méthyle est cependant très lente à froid et n'interdit pas sa cristallisation rapide au sein de l'eau et moins encore la détermination de son pouvoir rotatoire : on a trouvé pour $[\alpha]_D^{20}$ la valeur $-6°,30$.

Soumis à l'action de la chaleur, l'arabonate de méthyle perd aux environs de 110° une molécule d'alcool méthylique et restitue quantitativement la lactone *arabonique* initiale

$$CH^2OH-(CHOH)^3CO^2CH^3 = \underbrace{CH^2OH-CH-(CHOH)^2-CO}_{\text{—O—}} + CH^3OH.$$

Corrélativement la température instantanée de fusion a été trouvée 148° tandis que la méthode du tube capillaire donne des nombres variables. L'arabonate d'éthyle que nous avons également préparé et qui n'était pas connu fond à 126°,5 au bloc Maquenne et est très faiblement dextrogyre : il ne se forme pas aussi aisément que l'éther méthylique.

Dérivés acétylés et benzoylés de la lactone et des éthers araboniques. — Soumise à la manière habituelle à l'action de l'anhydride acétique en présence d'une trace de chlorure de zinc, la lactone arabonique fournit un dérivé *triacétylé* dans lequel la liaison n'est pas rompue. Cristallisé dans l'éther il fond à 67°; en solution benzénique $[\alpha]_D^{20} = -67°,2$.

Par une méthode plus compliquée et après une attente de six mois, Paal et Max Kinscher [1] ont obtenu un corps fondant à 52°-54° et pour lequel $[\alpha]_D^{18,5} = -60°,45$. A la vérité il nous a fallu attendre assez longtemps pour avoir le corps à l'état cristallin mais une fois en possession d'un germe le sirop acétylé cristallise du jour au lendemain.

Ce dérivé acétylé est aisément hydrolysé : quand on cherche à rompre la liaison lactonique dans l'intention d'obtenir le sel ou l'éther de l'acide correspondant, les radicaux acétyle se détachent et l'on recueille le sel ou l'éther de l'acide arabonique. Par acétylation les arabonates de méthyle et d'éthyle fournissent les dérivés *tétracétylés* correspondants fondant respectivement à 129°,5-131° et 68°. Le pouvoir rotatoire pris en solution acétique est de $[\alpha]_D^{20} = -34°,1$ pour le premier et $-26°,7$ pour le second.

Par l'action du chlorure de benzoyle en présence de pyridine la lactone

---

(1) *D. ch. Gesellschaft*, t. 44, 1911, p. 3548.

arabonique est convertie à volonté en dérivés dibenzoylé et tribenzoylé fondant respectivement à 200° et 120°. Le pouvoir rotatoire pris en solution acétonique est $[\alpha]_D^{20} = -37°,65$ pour le premier et $+24°$ pour le second. Pour ce dernier on a pu le prendre en solution benzénique et l'on a trouvé $[\alpha]_D^{20} = +28°,2$.

En résumé, entre autres résultats intéressants, nous croyons devoir signaler la formation exceptionnellement facile des éthers arabоniques surtout celle de l'arabonate de méthyle tout à fait inattendue dans le groupe des monoacides des glucoses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *α-Halogénures d'indane.* Note [1] de MM. **Ch. Courtot** et **A. Dondelinger**, présentée par M. A. Haller.

Bien que dès 1911 Weissgerber [2] ait mentionné la facilité d'addition d'acides halogénés sur la double liaison indénique, seul l'α-chlorindane a été décrit jusqu'ici. Désireux d'obtenir l'α-bromoindane et l'α-iodindane, nous avons essayé de préparer ces halogénures dans les conditions mêmes qui ont donné l'α-chlorindane avec un rendement de 97 pour 100.

Nous dirigeons des vapeurs d'HBr sec dans de l'indène refroidi à 0°, température à laquelle cet hydrocarbure est encore liquide, puis peu à peu, nous abaissons la température à — 18°. Lorsque plus d'une molécule d'HBr est absorbée, on revient à la température ordinaire, fait le vide pour éliminer l'excès d'hydracide et distille sous pression de 14^{mm}. Il passe d'abord un peu d'indène, puis à 101-102° distille un liquide incolore, très mobile, très réfringent. Enfin se présente une huile jaune, avec fluorescence violette, à 217°, et qui possède les caractères du diindène. La portion 101-102°, de beaucoup la plus importante, rectifiée plusieurs fois, présente les mêmes phénomènes : indène comme tête de rectification, produit 101-102°, enfin diindène. Le dosage d'halogène, effectué sur la fraction 101-102°, donne Br pour 100 18,8 alors que la théorie pour C^9H^9Br est de 40,6 pour 100. C'est vraisemblablement du bromhydrate d'indène très fortement souillé d'indène. Dans l'action de HI sur l'indène, les résultats sont plus mauvais encore. Dès qu'on essaie de distiller l'iodhydrate, il y a dégagement de torrents d'hydracide, le liquide mousse et déborde et se transforme en une résine brune noirâtre.

Ces faits paraissaient en contradiction avec nos notions classiques sur la fixation d'hydracides sur les carbures éthyléniques. C'est en effet HI qui

(1) Séance du 17 novembre 1924.
(2) *Ber.*, t. 44, 1911, p. 445.

réagit le plus facilement, puis vient HBr et enfin HCl. Mais une observation fixa notre attention : avant de soumettre l'halogénure d'indène à la distillation, nous avons pesé l'hydracide fixé et non éliminé sous vide à température ordinaire. Or, pour 1 molécule d'indène, nous fixons exactement une molécule d'acide halogéné.

Poids d'indène.	Poids d'hydracide fixé.	Théorie.
g 29	HCl = g 9,26	g 9,125
12	HBr = 8,30	8,34
11,84	HI = 12,85	13

L'acide fluorhydrique se classe, ici encore, à part des autres hydracides. Il agit sur l'indène à la façon de l'acide sulfurique, c'est-à-dire qu'il le polymérise à l'état de para-indène, tétramère de l'indène.

Il était à présumer que les hydracides HBr et HI n'étaient pas simplement dissous dans l'indène, mais liés chimiquement comme HCl lui-même, et que la chaleur, lors des essais de distillation, décompose les halogénures d'indène en hydracide et indène ou polymères. Pour le démontrer, il fallait utiliser, à basse température, l'halogénure d'indène, comme agent de synthèse. Nous avons eu recours à l'action des bases primaires sur le chlorhydrate d'indène (1). Nous avons fait réagir deux molécules d'orthotoluidine pure sur une molécule de bromhydrate puis sur une molécule d'iodhydrate d'indène bruts, après avoir éliminé sous vide et à température ordinaire l'hydracide en excès jusqu'à poids sensiblement constant, et nous avons obtenu l'orthotolylindanylamine avec des rendements atteignant 74 pour 100. De plus, la cryoscopie du bromhydrate d'indène, dans le benzène, nous a donné comme P. M 199 alors que la théorie exige 197.

Il résulte de ces faits que les hydracides se fixent dans les trois cas, et semble-t-il quantitativement, sur la double liaison indènique, mais les halogénures obtenus se scindent, sous l'action de la chaleur, en indène et polymères et hydracide et d'autant plus facilement que l'halogène a un poids atomique plus élevé.

En considérant la grande différence de stabilité entre les trois halogénures d'indane, nous sommes amenés à schématiser ces dérivés de la façon

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 536 et t. 178, 1924, p. 493.

suivante :

[Formules : indène avec CH—Cl / CH—H / CH²; CH—Br / CH—H / CH²; CH....I / CH....H / CH²; (B) CH — NH.C^6H^4 — CH^3 / CH....H / CH²]

la grosseur et la continuité des traits étant fonction de la solidité de fixation des atomes au squelette hydrocarboné. Nous avons essayé de démontrer cette hypothèse en mesurant l'hydrogène mobile dans l'orthotolylindanylamine préparée et à partir du chlorhydrate et à partir du iodhydrate d'indène.

Si l'hydrogène de l'acide iodhydrique reste fixé dans la base secondaire (B) comme dans l'halogénure, il doit être doué de mobilité, et, avec CH^3MgI, on doit déceler dans cette base, outre l'hydrogène mobile du groupe NH, un autre hydrogène mobile, celui lié en pointillé. Or, nous trouvons 1,06 au lieu de 1 hydrogène mobile avec ce réactif, et c'est bien l'hydrogène d'amine qui réagit puisque, par carbonatation et traitement par l'eau du magnésien obtenu, on régénère la base secondaire. Il est vraisemblable, d'après ce résultat, que, dans la molécule d'hydrogénure d'indène, et plus spécialement dans l'iodhydrate, les deux atomes de l'hydracide s'influencent mutuellement et il en résulte que chacun d'eux est fixé labilement sur la double liaison indénique, mais lorsque l'halogène est éliminé par substitution, cette influence disparaît et l'hydrogène retombe dans l'état de liaison normale par rapport au carbone qui le porte.

Les phénomènes que nous avons décrits dans cette Note sont à rapprocher : 1° de ceux connus depuis longtemps pour les aldols; 2° des propriétés que l'un de nous (¹) a découvertes au diméthylbenzofulvanol, au phénylbenzofulvanol et au méthylphénylbenzofulvanol; 3° des observations que V. Grignard, et ses collaborateurs Escouron, Dubien et Chambret ont faites récemment sur quelques types d'alcools tertiaires. On sait, en effet, que les aldols régénèrent en partie leurs reconstituants à la distillation, que les benzofulvanols cités se scindent en aldéhyde ou cétone et indène, que certains méthylhepténols tertiaires subissent le dédoublement cétonique (²).

(¹) Ch. Courtot, *Thèse de Doctorat*, Nancy, p. 56, 47 et 74.

(²) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1860.

Cela tient vraisemblablement à ce que les affinités en jeu lors de la préparation de ces produits sont inférieures aux affinités normales (ou autrement disposées). Il conviendrait, pour tenir compte de ces propriétés, de représenter les formules de ces corps par les schémas suivants :

$$\begin{array}{c} CH^3 \\ | \\ H - C - O \cdots H \\ \vdots \\ CH^2 \\ | \\ H - C = O \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_4\text{(noyau)} \begin{array}{l} CH \\ \| \\ CH \end{array} \\ CH \\ \vdots \\ H - C - O \cdots H \\ | \\ R \end{array} \qquad \begin{array}{c} \\ \end{array} \begin{array}{c} CH^3 \\ CH^3 \end{array}\!\!> C = CH - CH^2 - CH^2 - \begin{array}{c} H \\ \vdots \\ O \\ | \\ C \\ \vdots \\ R \end{array} - CH^3$$

encore bien simplistes, mais traduisant mieux les propriétés de ces groupes de composés et constituant un acheminement vers des formules plus parfaites que nous permettront une connaissance précise des structures atomiques et la nature de l'affinité.

TOXICOLOGIE. — *Les gaz dans le sang frais, putréfié, congelé*. Note (¹) de M. C. **Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai indiqué (²) la méthode qui permet de doser sur le même échantillon de sang, à la fois, les principaux poisons gazeux. Elle permet, par suite, de se rendre compte de la putréfaction qui se révèle par la formation d'hydrogène sulfuré et par l'augmentation de l'acide carbonique. En raison des variations physiologiques des teneurs en acide carbonique (de 25 à 55^{cm^3} pour 100^{cm^3}) du sang normal; le dosage de cet acide, à lui seul, ne permet guère de noter le début de la putréfaction. La détermination simultanée de l'hydrogène sulfuré donne alors des indications précises :

Pour le dosage du gaz sulfhydrique (sur 25^{cm^3} ou 50^{cm^3} de sang) on se rapportera à ma Note précédente (²), sauf que depuis, le barboteur à nitrate d'argent a été modifié — capacité : 50^{cm^3}, le tube de gauche (d'arrivée) forme au-dessus du flacon, une ampoule de sûreté de 50^{cm^3}. — Après expérience, le liquide du barboteur est complété à 50^{cm^3} et filtré — 25^{cm^3} en sont

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 903.

employés au titrage par la liqueur $\frac{N}{100}$ de sulfocyanure, dont par différence avec le titre définitif, chaque centimètre cube = 0 gr. 00017, H^2S.

La formation de l'hydrogène sulfuré est déjà rapide lorsque du sang frais quelconque se trouve abandonné (en vase ouvert ou clos) aux températures de + 5° à + 20°.

Voici quelques observations faites sur du sang de porc:

	Odeur.	Pour 100cm³ de sang. CO^2.	H^2S.	O.	Az.
En vase ouvert : sang frais........	normale	50,4	0,00	8,4	5,2
Id. après 6 heures............... (t = + 15° à + 18°)	douteuse	»	traces	»	»
Id. après 24 heures.............	« pourrie »	64,0	0,80	4,0	5,0
Id. après 4 jours.............	id.	64,0	1,80	0,60	5,0
En flacon : après 2 jours.......... (t = + 5° à + 8°).	id.	82,0	3,5	»	»

Le séjour dans un endroit simplement frais ne garantit donc guère le sang d'une putréfaction rapide.

Dans d'autres circonstances, la putréfaction devient très rapide et intense au point que, par suite de phénomènes cadavériques, 100cm³ de sang contiennent jusqu'à 0g,015 d'hydrogène sulfuré, et 420cm³ sinon 600cm³ d'acide carbonique [1].

Le tableau suivant montre l'influence de la putréfaction sur la composition des gaz du sang et la présence constante d'hydrogène sulfuré qu'elle entraîne, sans qu'il y ait, toutefois, proportionnalité avec l'acide carbonique.

en volume pour 100cm³ de sang.	Sangs : non putréfié. I.	II.	III.	douteux. IV.	putréfiés. V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³
Acide carbonique.....	31,0	50,4	55,6	56,0	63,6	83,4	87,6	89,8	209,5	292	428
Hydrogène sulfuré.....	0,0	0,0	0,0	0,6	1,8	3,5	3,4	0,6	2,7	8,2	10,0
Oxygène.............	4,4	8,4	4,1	1,0	2,4	1,2	1,4	1,9	0,8	0,5	0,0
Azote...............	6,4	5,0	5,2	2,8	3,0	3,0	3,0	3,8	3,4	3,2	2,0
Autres gaz (oxyde de carbone............	0,2	0,0	0,2	0,15	«	0,10	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1

L'hydrogène sulfuré dans du sang très pauvre en acide carbonique apparaîtrait par suite comme l'indice d'une intoxication sulfhydrique.

(1) Les émanations de ces matières très putréfiées déterminent souvent des troubles passagers (diarrhées violentes).

Observations spectroscopiques. — La bande dite de la sulfo-hémoglobine ($\lambda = 614$ à 624) fait défaut, d'accord avec J. Ogier, même lorsque le sang contient en poids $\frac{1}{6500}$ d'hydrogène sulfuré; c'est à peine si on l'aperçoit, dans ce cas, en examinant le sang dilué à 5 pour 100 sous une épaisseur de 40^{mm}. Cette bande, ainsi que je l'ai déjà mentionné, n'est d'ailleurs pas caractéristique, on l'observe avec certains sangs fluorés [1], et dans des sangs très divers [2]. Seule, l'analyse des gaz du sang est probante.

Par contre, on observe parfois, dans les sangs plus ou moins putréfiés, sous de fortes épaisseurs dans le rouge, une bande située un peu à gauche de la précédente ($\lambda = 616$-626) et elle-même un peu plus à droite de celle dite de la *méthémoglobine*, en milieu *normalement alcalin* $\lambda = (624$-$634)$. Très vraisemblablement ne s'agit-il que d'un spectre de la *méthémoglobine* légèrement décalé sous une influence indéterminée. Il suffit d'ailleurs de placer pendant quelques jours au frigorifique ($-5°$ à $-8°$) les sangs pour qu'après dégel ceux qui avaient présenté la bande douteuse ($\lambda = 616$-626) l'aient remplacée par celle, très intense cette fois, de la *méthémoglobine*.

Action du froid sur les sangs. — Cette action du froid présente autrement de l'intérêt. Lorsqu'on laisse des sangs putréfiés en flacons bouchés, mi ou trois quarts remplis, pendant 8 à 20 jours au frigorifique ($t = -5°$ à $-8°$), on constate, après dégel, à la température ambiante, que l'hydrogène sulfuré a disparu et que le sang ne répand, s'il n'était pas trop putréfié primitivement, guère d'odeur putride.

Voici quelques résultats d'expériences montrant l'amélioration :

		CO^2.	H^2S.	O.	Az.
I.	Sang avant séjour au frigorifique : $-5°$ à $-8°$	56,0	0,6	1,0	2,8
	Après 20 jours de congélation	43,20	0,0	0,1	4,0
II.	Avant	89,8	0,6	1,9	3,8
	Après 20 jours	″	0,0	″	″
III.	Avant	209,5	2,7	0,8	3,4
	Après 13 jours	100,0	traces	0,6	5,0
IV.	Avant	292,4	10,0	0,0	2,00
	Après 14 jours	224,0	3,1	″	″
V.	Avant	63,6	1,8	1,2	3,0
	Après 9 jours	78,0	0,0	0,4	4,4
VI.	Avant	87,6	3,4	1,2	3,0
	Après 7 jours	79,40	traces	2,20	2,6

[1] PIETTRE et VILA, *Bull. Soc. chim.*, t. 33, 1905, p. 580.
[2] OGIER et KOHN-ABREST, *Traité de Chimie toxicologique*, 2e édition, t. 1.

Sauf dans un seul cas, on a constaté également une rétrogradation sensible de l'acide carbonique [1].

En résumé, ces recherches montrent que l'analyse des gaz paraît le meilleur moyen pour contrôler la fraîcheur des sangs et des matières animales. De plus, elles mettent en évidence un fait important : par la congélation du sang, la putréfaction, non seulement est arrêtée, mais ses premiers effets, tout au moins (formation d'hydrogène sulfuré) se trouvent annihilés.

Cette dernière action, plutôt purifiante, du froid, expliquerait quelque peu certains phénomènes (tel entre autres la conservation excellente de la viande congelée de boucherie).

GÉOLOGIE. — *Sur la faune et l'âge des Calcaires waulsortiens de Saint-Pierre-la-Cour* (Mayenne). Note [2] de **M. Y. Milon**, présentée par M. Ch. Barrois.

Les calcaires de Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne) qui faisaient partie des *Calcaires de Laval* ont été rangés par Oehlert dans le Moscovien. Cette attribution était basée sur les observations faites par cet auteur à Changé, et à Quenon, localité où Oehlert a signalé la *superposition* du « Calcaire de Laval » sur le « Calcaire de Sablé ». J'ai indiqué récemment [3] que ces deux coupes ne sont pas probantes, et qu'au contraire, l'examen de la carte géologique, admirablement tracée, suffit à mettre en évidence le *remplacement* fréquent d'un type calcaire par l'autre, et permet de prévoir leur passage latéral. Ces arguments d'ordre stratigraphique étaient d'autant plus importants, que la faune des « Calcaires de Laval » était inconnue. Ayant étudié ces formations en 1922 avec M. Delépine, nous avons reconnu [4] que le *Calcaire de Laval* était représenté en de nombreuses localités par des roches

(1) Il semblerait que l'acide cyanhydrique se comporte comme l'hydrogène sulfuré et qu'il disparaît du *sang frais* (voir *Traité de Chimie toxicologique*, 2e édition), sous l'influence du grand froid. Cette activité chimique aux basses températures mérite d'ailleurs d'être suivie.

(2) Séance du 3 novembre 1924.

(3) Y. Milon, *Observations sur le calcaire carbonifère de Quenon* (Ille-et-Vilaine) (*C. R. Soc. géol. de France*, 4e série, t. 23, n° 6, p. 62 et 63), *Divisions principales du Carbonifère du Massif armoricain* (*C. R. Congrès Soc. savantes*, 1923, 1924, p. 186 à 191).

(4) G. Delépine et Y. Milon, *Sur la présence de récifs waulsortiens dans le calcaire carbonifère du bassin de Laval* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1079).

à *faciès waulsortien*. L'âge de ces roches restait à préciser. L'exploration méthodique des *poches à brachiopodes* du récif à fénestellides, entaillé par la grande carrière de l'Euche, m'a permis de recueillir une faune abondante.

Les Brachiopodes, qui forment à eux seuls la presque totalité de cette faune, sont représentés surtout par de nombreuses petites rhynchonelles : *Pugnax pleurodon* Phill., et des *Producti* tels que : *Productus semireticulatus* Mart., *Productus semireticulatus* var. *minima* Demanet., *Productus sublævis* var. *Christiani* de Kon., *Productus pustulosus* Phil., *Productus pyxidiformis* de Kon., *Productus corrugatus* Mac Coy, *Productus mesolobus* Phill., *Productus plicatilis* Sow.

Les spirifer sont moins abondants, mais *Spirifer bisulcatus* Sow. et *Spirifer striatus* Mart. sont bien représentés. Je dois signaler aussi un exemplaire de 19^{cm} de long de *Spirifer* cf. *princeps* Mac Coy. En un point *Syringothyris cuspidata* Mart. n'est pas rare et atteint une grande taille.

Comme autres Brachiopodes de moindre importance, je citerai : *Schizophoria resupinata* Mart., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Athyris lamellosa* Lev., *Athyris expansa* Phill.

Les polypiers sont rares dans le récif, on rencontre de loin en loin un *Amplexus coralloïdes* Sow. Cependant en un point, très localisé, se dressent de curieuses gerbes de *Caninia* cf. *socialis* Stuck. étroitement accolées à la base, en un faisceau serré.

Dans l'ensemble, cette faune est comparable à celle que M. Demanet a étudiée à Sosoye (Belgique); et elle est nettement d'âge viséen inférieur (zones C_2-S_1 de la classification de A. Vaughan, *emend.* Garwood), contemporaine par conséquent de la faune des calcaires gris de Sablé et de Quenon.

Conclusions. — Le récif waulsortien de Saint-Pierre-la-Cour est d'âge viséen inférieur (C_2-S_1). Et il en est sans doute de même pour le récif de Bouëre, dont la faune est encore inconnue, mais qui est placé dans des conditions identiques stratigraphiquement.

Sous la dénomination de *Calcaire de Laval* il ne faut plus comprendre un étage distinct d'âge moscovien, mais un équivalent latéral, à *faciès waulsortien*, des calcaires fossilifères d'âge viséen moyen, dits *Calcaire de Sablé*.

La sédimentation calcaire a atteint son maximum dans le bassin de Laval, au début du Viséen. A cette époque se développent du nord de Rennes (Quenon), au nord de Sablé, des récifs waulsortiens, autour desquels se déposent des boues calcaires de couleur claire, riches en débris de grosses encrines, des dépôts oolithiques, etc., et dans des lagunes abritées des boues sapropéliennes (marbre noir de Quenon).

En d'autres points se déposent des calcaires moins puissants, plus régulièrement stratifiés : calcaires gris à foraminifères, à ostracodes, etc., renfermant une faune variée et abondante (Calcaire de Sablé).

La sédimentation calcaire ne se poursuit pas au delà du Viséen moyen, dans le bassin de Laval, où elle est bientôt remplacée par le dépôt de schistes à veines d'anthracite, de faciès *Culm*.

GÉOLOGIE. — *Sur le véritable prolongement, à Bourganeuf (Creuse) de la fracture d'Argentat et sur la nature des prétendus schistes et gneiss de la région*. Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai signalé antérieurement ([1]) que le massif granitique de Millevaches est compris entre deux zones de fractures; à l'Ouest, la zone d'Argentat, et au Nord, la zone de Pontarion. Celle-ci, à partir de Saint-Michel-de-Vaisse se prolonge vers le Sud,

J'ai aussi fait connaître l'existence d'une troisième zone de fracture, dirigée par Arrènes, de Bourganeuf, au N-O, vers le Poitou. L'affleurement cristallin de la vallée du Clain, à Ligugé où M. Nisse a observé des granites écrasés, se trouve exactement dans cette direction.

La zone d'Arrènes, riches en mylonites, ne diffère de la zone d'Argentat que par sa direction, et l'absence d'un chenal houiller. Elle semble s'y relier, à Bourganeuf, sans apparence de discontinuité et je l'en avais considérée comme le prolongement direct, quoique infléchi. Cependant, je n'avais pu réussir à délimiter avec précision le massif de Millevaches entre Bourganeuf et Janaillat. En ce dernier point, situé à 11^{km} environ au Nord de Bourganeuf, s'arrête brusquement la zone de fracture venant de Pontarion, et j'ai cherché vainement le prolongement de cette zone vers l'Ouest et le Nord-Ouest.

Dans une tournée récente, et grâce à une connaissance plus précise des roches qui composent le massif de Millevaches, grâce aussi à des vues plus générales acquises à Ajain et à Néris sur la structure véritable des zones de fracture dans les terrains cristallins, j'ai pu combler la lacune que j'avais laissé subsiste

J'ai reconnu, et d'une manière qui ne laisse pas place au doute, que la *fracture d'Argentat continue, au delà de Bourganeuf, à servir de limite au*

([1]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 1822; t. 169, 1919, p. 862 et 980.

Massif de Millevaches, en se prolongeant, sans grand changement de direction, avec toute sa netteté et ses caractères constants, jusqu'à Janaillat.

Ce prolongement, après avoir traversé, au Nord de la ville, le contrefort de La Chaume, emprunte le cours du Thorion, puis disparaît momentanément sous le Houiller de Bosmoreau. Il reparaît au Nord du bassin, entre Rapissat et le Montheil, en s'infléchissant vers le N-O (c'est-à-dire à peu près dans la direction commune des fractures de Pontarion et d'Arrènes), passe près de Bellesiauve, et se termine au Sud de Janaillat, sur la rive gauche de la Leyrenne. Là, la zone d'Argentat se soude, sous un angle très aigu, à celle de Pontarion, orientée vers l'E-S-E. Dans tout son parcours, la ligne de fracture est directe et dessine une courbe très tendue. Elle sépare des terrains identiques à ceux qu'elle sépare à Bourganeuf et au Sud de cette ville.

A l'Est, occupant notamment le flanc gauche de la vallée du Thorion, ce sont les roches d'apparence gneissique, mentionnées dans une Note antérieure ([1]). Elles sont figurées sur la carte de la Creuse par Mallard (1865) comme granites gneissiques, et sur la feuille géologique au $\frac{1}{80000}$ de Guéret (1906), comme schistes granulitisés. En fait, et j'ai antérieurement insisté sur ce point, les *roches en question ne sont pas de véritables gneiss ou schistes produits par un métamorphisme, mais des granites porphyroïdes laminés.* Lorsque ces granites sont très riches en grands cristaux, Mallard les a désignés sous le nom de *schistes feldspathiques.*

A l'Ouest, formant le contrefort sur lequel est bâtie la ville de Bourganeuf, ainsi que le flanc droit de la vallée du Thorion, ce sont des granites à biotite, à grain moyen (granites de Guéret, ou *granites pinitifères de Mallard*). Tout le long de la fracture, ces granites sont brisés, disloqués; de place en place, ils contiennent des échantillons complètement écrasés, entre autres les mylonites dont j'ai signalé la présence au Sud du village du Montheil sans pouvoir, alors, m'expliquer leur apparition. Ces mylonites, d'ailleurs, existent aussi sous les dépôts houillers de Bosmoreau; Grünes y signale effectivement des roches qui, suivant la description qu'il en donne, se rattachent aux mylonites.

Quant au bassin houiller lui-même, à cheval sur le ligne de fracture, il constitue le dépôt le plus septentrional de ce chapelet de dépôts houillers qui, sur 125^{km} de longueur, jalonnent la fracture d'Argentat depuis la

([1]) *Sur quelques effets du laminage des roches, etc.* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 980).

région de Saint-Céré (Lot) jusqu'à Bourganeuf. Par sa position, le bassin de Bosmoreau fournit donc un motif de plus à ajouter aux précédents à l'appui du rattachement direct à la fracture d'Argentat, de celle que suit la vallée du Thorion.

Je ferai enfin remarquer que le rempart que forme le rebord du massif de Millevaches au sud de Bourganeuf et qui domine le bas plateau Limousin, persiste au nord de Bourganeuf. A son pied coule la vallée du Thorion; orographie et hydrographie s'accordent pour dessiner le prolongement de la grande fracture.

En résumé, il résulte, de ces nouvelles observations, que le massif de Millevaches se termine, au Nord-Ouest, vers Janaillat, par une pointe aiguë, formant la plus grande partie de la montagne de Bonnefont. Sur la feuille de Guéret, ce massif se présente en croupe arrondie offrant l'image d'une saillie anticlinale dont le noyau est occupé par des granites et dont les flancs sont schisteux. Il n'y a là, cependant, qu'une apparence et la réalité est tout autre. A l'Ouest, le long de la fracture d'Argentat, les granites laminés plongent de 45° vers l'Ouest, sous les granites de Guéret. Au Nord, le long de la fracture de Pontarion, les granites laminés plongent encore, mais plus fortement, au Sud-Ouest, recouvrant ainsi les mêmes granites de Guéret. Le massif de Millevaches apparaît donc comme un énorme bloc déplacé et enfoncé à la manière d'un coin dans la masse granitique centrale de la Creuse.

Quant à la zone d'Arrènes, elle possède la direction commune que présentent les deux autres zones aux abords de Janaillat, et elle est formée, comme la zone d'Argentat, de granites à biotite écrasés, plongeant au Sud sous les gneiss et micaschistes. Elle circonscrit, avec la zone d'Argentat, le grand compartiment Limousin, occupé par des schistes cristallins acides, traversés de nombreuses et importantes séries basiques (amphibolites, etc.). L'une et l'autre zone ont ce trait commun de délimiter le Plateau Limousin, du Plateau de la Creuse et de la Marche, presque exclusivement, peut-être même exclusivement granitique et dépourvu de toute pénétration basique.

Il est probable qu'actuellement, la zone d'Arrènes, qui vient buter à Bourganeuf contre la zone d'Argentat, n'occupe pas sa position primitive. Il y a des raisons de penser que sa position actuelle est l'effet d'un décrochement datant peut-être de l'époque du déplacement du massif de Millevaches, et qu'elle doit être considérée comme ayant antérieurement prolongé, au delà de Janaillat, la zone d'Argentat.

Il n'y aurait donc eu qu'une zone continue de plus de 200^{km} de longueur, sur laquelle vient se greffer, à Janaillat, la zone de Pontarion. Ainsi s'expliqueraient toutes les particularités géologiques des environs de Bourganeuf.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'un gisement pétrolifère à Gabian (Hérault).* Note (¹) de MM. **Louis Barrabé** et **Pierre Viennot**, présentée par M. Louis Gentil.

Il y a eu pendant longtemps, au voisinage immédiat du village de Gabian (Hérault), à une vingtaine de kilomètres au nord de Béziers, une source dont l'eau amenait avec elle du pétrole. L'emplacement de cette « source d'huile de pétrole » (c'est sous cette dénomination qu'elle est indiquée sur la carte au 80000^{e}) est situé dans la vallée de la Tongue, à 1500^{m} au Sud du village de Gabian. Actuellement elle est complètement à sec.

Vers 1885 deux forages profonds furent exécutés, l'un au Nord de la source et à son voisinage immédiat, l'autre au Sud et à quelques centaines de mètres d'elle; le premier atteignit la profondeur de 413^{m}, l'autre celle de 203^{m}. Tous deux furent stériles.

Durant l'été de 1923, une mission officielle, organisée à l'instigation de la Section géologique du Comité scientifique du pétrole (Direction des Pétroles et Essences) était chargée de prospecter les abords la chaîne pyrénéenne en vue de la recherche du pétrole. En particulier, l'un de nous, P. Viennot, était désigné pour l'exploration de la région occidentale, l'autre, L. Barrabé, étudiait la région orientale. Le rapport de mission de M. Barrabé *concluait à l'exécution de deux forages de recherches pour lesquels il proposait des emplacements approximatifs.* Ces conclusions, qui sont à la base de la découverte actuelle, furent acceptées par le Comité scientifique du Pétrole. Mais M. Barrabé (qui comptait retourner à Gabian pour y faire, préalablement au choix définitif des emplacements, une étude géologique détaillée) venait de partir pour une mission à Madagascar lorsque, en mai dernier, l'exécution des sondages fut décidée. M. Viennot fut alors chargé de s'en occuper.

Au cours d'un voyage d'études à Gabian en juin, *il fixa l'emplacement du premier sondage actuellement en exploitation.* Celui-ci est situé à 1500^{m}

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

au SW de l'ancienne source de pétrole, à 200^{m} à l'Est de la « Source de Santé », dans l'une des deux zones indiquées par M. Barrabé.

La carte géologique (feuille de Bédarieux) montre que la région de Gabian est constituée d'un substratum paléozoïque affecté de plis et de charriages hercyniens, recouvert en discordance par un complexe de Houiller productif, d'Autunien, de Trias et de Jurassique, dont les grandes lignes structurales ont la direction WSW-ENE, et qui s'enfonce dans l'ensemble vers le SSE. L'étude géologique détaillée que M. Viennot vient de faire a montré que la tectonique de ce complexe, en apparence simple, l'est en réalité beaucoup moins. D'énergiques poussées vers le Nord y ont amené des décollements, et ont provoqué dans le Trias la formation de plis très nets plus ou moins étirés.

L'ancienne source de pétrole suintait à la limite des grès triasiques inférieurs perméables et des dépôts triasiques plus récents, comprenant, outre quelques bancs calcaires à faciès de Muschelkalk, des cargneules, des dolomies, des marnes bigarrées et du gypse, attribuables au Keuper et formant dans l'ensemble une couverture imperméable. *La situation de l'ancienne source permettait de supposer que le pétrole imprégnait les grès inférieurs sous cette couverture ;* il avait suinté grâce à la mise à nu, par l'érosion, d'une zone imprégnée, à la faveur d'un bombement dont l'axe coïncide avec la vallée de la Tongue et dont la direction est à peu près perpendiculaire à celle des grandes lignes structurales de l'ensemble. MM. Barrabé et Viennot ont donc estimé qu'il fallait *rechercher le pétrole sous la couverture imperméable du Trias supérieur, et, si possible, sur le tracé d'un pli anticlinal favorable à la localisation de l'huile.* On voit affleurer dans la vallée de la Tongue, à 700^{m} environ au Sud de l'ancienne source, une voûte de grès triasiques dessinant d'ailleurs une bande beaucoup moins large que celle indiquée par la carte géologique. Le sondage a été placé par M. Viennot *sur le prolongement hypothétique de cette voûte, assez loin du bord de l'affleurement du Keuper pour que le pétrole ait pu être conservé* sans être drainé dans les grès par l'érosion [1], et avec le souci d'éviter la proximité de la « Source de Santé ». En effet, il faut toujours appréhender l'arrivée de l'eau dans un forage de recherche pétrolifère ; cette source, où

---

[1] Une cause certaine de l'échec des sondages exécutés vers 1885 est qu'ils furent placés sans préoccupation de la structure et de la couverture imperméable ; celui du Nord est entré directement dans le grès triasique, celui du Sud était placé sur le synclinal de Keuper qui traverse la Tongue en aval de la source de pétrole.

se dégagent aussi des bulles de CO^2, est d'ailleurs vraisemblablement en relation avec une fissure assez profonde.

Le sondage fut commencé vers le milieu d'août. M. Viennot le visita à la fin du même mois : la profondeur atteinte était de 78^m; aucune carotte n'ayant encore été prélevée, il demanda que l'on en fît une le plus tôt possible; elle fut extraite de $95^m,30$ à $96^m,70$ et *se montra imprégnée d'hydrocarbures*. Les précautions nécessaires furent alors prises pour assurer la « fermeture des eaux » et. lorsqu'on voulut, le 11 septembre, s'assurer de l'étanchéité du sondage, *le pétrole suinta;* la profondeur atteinte était de $97^m,20$, le débit horaire initial de 40 litres. Depuis cette date, un approfondissement lent (on avait atteint $105^m,75$ le 31 octobre) avait permis de maintenir ce débit entre 5 et 40 litres. Le 6 novembre, le dernier approfondissement, jusqu'à $106^m,75$, a provoqué le *jaillissement* intermittent du pétrole : le débit horaire, porté brusquement à 1^{m^3}, s'est établi depuis lors à une moyenne de 500 à 600 litres. Le sondage a traversé d'abord le complexe imperméable du Trias supérieur. Les carottes prises depuis 95^m ont montré que les niveaux productifs sont constitués par des alternances de dolomie caverneuse et de grès à éléments dolomitiques avec quelques petits galets de quartz : il s'agit de la zone de transition entre le Trias supérieur et les grès triasiques. L'étude stratigraphique détaillée montre que cette zone de transition est assez épaisse (plusieurs dizaines de mètres) et comporte aussi des intercalations schisteuses imperméables : on peut donc présumer qu'on rencontrera d'autres zones imprégnées lorsqu'on reprendra l'approfondissement. La roche mère doit être recherchée dans le Primaire.

Le pétrole de Gabian a une coloration brun foncé avec fluorescence verte; sa densité est de 0,8464 à 15°; il contient 10,35 pour 100 de paraffine, et seulement des traces d'asphalte; à la distillation fractionnée, 26,05 pour 100 passent entre 225 et 300°, et 70 pour 100 au-dessus de 300° (données fournies par M. Gault).

Les résultats encourageants obtenus jusqu'à présent dans le premier sondage et l'allure assez régulière de la bande triasique imprégnée permettent d'espérer que le gisement de Gabian a une certaine extension. Il faut attendre la suite des opérations de forage pour avoir des données positives à ce sujet. *Les résultats actuellement acquis sont les plus importants qui aient été obtenus jusqu'ici sur le territoire français d'avant-guerre en matière de recherche de pétrole.*

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un cas de destruction de cyclone*. Note [1] de M. GABRIEL GUILBERT.

L'apparition soudaine de tempêtes, ou bien la brusque cessation d'un ouragan, sont des phénomènes d'une importance capitale en météorologie.

Le 11 novembre 1924 un cyclone a son centre au sud de l'Islande. Le baromètre est en baisse de —15^{mm} dans les 24 heures et marque $727^{mm},9$ à Westmanöer, $728^{mm},7$ à Reykiavik.

Devant une telle situation, il s'agit, pour le météorologiste de pronostiquer l'avenir de ce cyclone. Restera-t-il stationnaire? Se déplacera-t-il, selon la trajectoire normale, vers l'E ou le NE? Prendra-t-il de l'extension? Ou bien, disparaîtra-t-il sur place et dans quel délai? On conçoit l'utilité pratique (et même théorique) qui s'attache à ces questions. Si le cyclone reste stationnaire ou bien se déplace à l'E, la tempête va continuer. Si, au contraire, le cyclone se comble, la tempête cessera. La question est donc vitale quant aux pêcheurs d'Islande. Si le centre tourbillonnaire se déplace à l'E, les vents tempétueux de SE au matin du 11 seraient le 12 en tempête des régions N. Dans le cas opposé, si le cyclone disparaît, les vents s'affaibliront nécessairement : tout danger aura cessé pour les marins, qui recevront la prévision par S. F.

Or, d'après notre *Nouvelle méthode de prévision du temps*, publiée en 1891, et par l'application de la règle 5 (excès de vent au centre du cyclone), en s'appuyant sur un vent SE tempétueux au point de pression minimum, à Westmanoër, nous avons pu prévoir sur l'heure au matin du 11 novembre la destruction du cyclone d'Islande, en prévoyant une hausse barométrique de $+15$ à $+18^{mm}$ en 24 heures et pour un point précis et désigné : Reykiavik.

Dès l'après-midi, à 13^h, la hausse atteignait, en 6 heures, $+01^{mm}$ et nous portâmes la prévision de hausse à $+20^{mm}$, toujours à Reykiavik [2].

---

[1] Séance du 17 novembre 1924.

[2] Notre prévision, rédigée officiellement au nom de l'Office National météorologique, doit être recherchée dans tous les journaux parus le soir du 11 novembre, *le Temps*, *les Débats*, *la Croix* et aussi *le Matin*, tous datés du 11 novembre 1924.

La prévision s'est justifiée par une hausse de $+22^{mm}$ au point fixé : Reykiavik, et, en conséquence, par la brusque cessation de la tempête.

Ce cas du 11-12 novembre est d'autant plus caractéristique qu'au matin du 11 la baisse barométrique, commencée depuis 72 heures, se continuait encore. La tendance, à 7^h, était de $-1^{mm},1$, à l'heure même du mouvement horaire de hausse.

Par conséquent, la méthode des tendances ne pouvait prévoir que la continuation de la baisse barométrique et, par suite, de la tempête.

Au contraire, notre prévision de hausse rapide et immédiate s'est exactement réalisée.

Ce succès de notre règle 5, qui ne souffre jamais d'exceptions (coefficient 100 pour 100) démontre une fois de plus que le vent — et le vent de surface seul — est le facteur déterminant de la pression barométrique et de ses variations, en hausse ou en baisse.

Un tel principe, émis par nous en 1891, et utilisé aujourd'hui dans le monde entier, est la base indispensable de toute prévision scientifique du temps.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les pseudo-fronts polaires.* Note (¹) de MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

[*Abréviations :* (A), anticyclone atlantique; (R), anticyclone russe; (S), anticyclone scandinave; M → ou F →, courant de perturbation; N, nord; E, est; S, sud; W, ouest.]

Dans une Note précédente (²), nous avons montré que la notion de front polaire unique ne suffisait pas à embrasser les différents courants de perturbations européens, que (*fig.* 1) *l'indépendance* mutuelle de M → et F → d'une part, de F′ → et F″ → d'autre part était parfois manifeste.

L'objet de la présente Note est de généraliser la notion de front polaire de manière à lui faire comprendre tous les courants de perturbations européens.

A. *Rôle de la température.* — Les courants de perturbations laissent

(¹) Séance du 20 octobre 1924.

(²) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Les courants de perturbations et le front polaire* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 285).

systématiquement à leur droite des masses d'air plus chaudes qu'à leur gauche [1] (d'où la localisation géographique et saisonnière des courants de perturbations). Le gradient transversal de température est grand (exemples : F″ → se régénère entre l'air très froid de la calotte polaire et

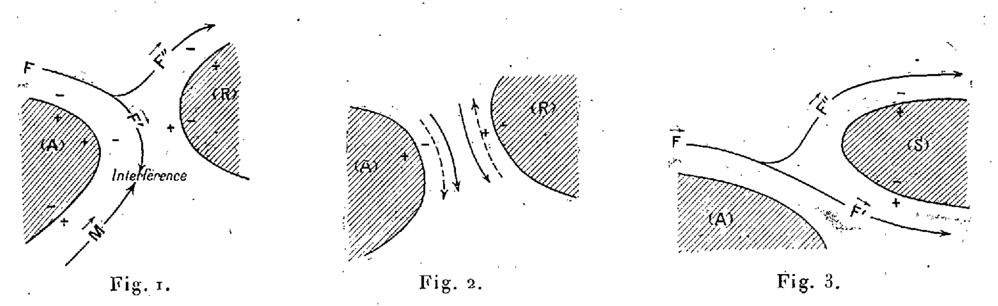


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Légende : (A), (R), (S) anticyclones Atlantique, Russe, Scandinave. $\overrightarrow{F}$ ou $\overrightarrow{M}$, courant de perturbations; ---------→ courant de vent au sol; ————→ courant de vent en altitude. La disposition des + et — indique les températures relatives des anticyclones et du champ avoisinant.

l'air chaud qui surmonte le Gulf-Stream; M → fonctionne au contact des alizés frais et de l'air très chaud de l'Afrique du Nord). L'énergie — amplitude des noyaux de variations de pression — du courant de perturbations est proportionnée à la grandeur du gradient thermique (exemple : M → est puissant surtout lorsque (A) est placé de façon que les alizés affrontent directement l'air saharien, cas fréquent l'été [2]). Dans les régions sans contraste de température dans l'atmosphère libre les courants de perturbations ne peuvent exister que sous forme de prolongements mourants (cyclones « occlus » noyés dans l'air froid homogène). Enfin les observations au sol et en altitude révèlent [3] une structure thermique de M → analogue à celle de F →, c'est-à-dire une discontinuité de température entre les masses d'air situées de part et d'autre du courant de perturbations.

B. *Rôle de la pression.* — La considération de la topographie isobarique *au sol* est insuffisante. Il y a des mouvements à contre-courant par rapport aux anticyclones [M→ (*fig.* 1), F′→ (*fig.* 2 et 3), F→ lui-même au regard

---

[1] Cf. Trabert, *Meteorologische Zeitschrift*, 27e année, 1910, p. 508.

[2] Cf. Wehrlé, *Bulletin mensuel de l'Office National Météorologique*, février 1923, p. 6.

[3] Cf. Petitjean, *Cahiers du Service météorologique algérien*, 1923, nº 1, p. 13, et Wehrlé, *Bulletin mensuel de l'Office National Météorologique*, juillet 1923, p. 19.

des hautes pressions polaires] et par rapport aux dépressions (par exemple du 10 au 20 mars 1924 F′→ de Nord-Ouest le long du bord oriental d'une grande dépression atlantique).

C'est la topographie isobarique *en altitude* qui commande les courants de perturbations (1). Cette relation pouvait être pressentie, les perturbations n'étant pas des phénomènes superficiels : les variations fortes de densités d'un jour à l'autre aux différentes altitudes — calculées au moyen des sondages de température — ne sont pas du tout localisées dans les basses couches (2). En fait la solidarité, en direction et en vitesse, du courant de perturbations et du courant de vent en altitude dans chaque cas particulier est mise en évidence : *a*. par l'observation (nuages et sondages de vent). Le vent des basses couches « joue » au passage des perturbations, mais plus hautrègne le courant d'entraînement (3); *b*. par le calcul, en admettant, en première approximation, que la décroissance de la température est la même en tous les points et que l'atmosphère est en équilibre vertical (4).

D'une façon générale, la topographie isobarique au sol se renforce en altitude si le gradient thermique est de même sens que le gradient de pression; elle s'efface ou même s'inverse dans le cas contraire, mais alors le courant de perturbations correspondant est nécessairement assez lent (exemple M→). D'ailleurs cette disposition relative des surfaces isobares et isothermes ne pourrait se prolonger bien loin en altitude, car elle représente un équilibre instable, les masses d'air comprises entre deux surfaces isobares étant alors d'autant plus lourdes qu'elles sont plus élevées.

Conclusion. — Il existe des courants de perturbations indépendants du front polaire. Leur structure thermique est analogue ainsi que leur structure isobarique en altitude (5). Nous les appelons *pseudo-fronts* : M→, méditerranéen; F″→, glacial.

---

(1) Les prévisionnistes japonais se servent, dans la pratique quotidienne, de cartes d'isobares à 3000^{m} d'altitude. Cf. Sekiguchi, *Monthly Weather Review*, t. 50, 1922, p. 242.

(2) Communication verbale de M. J. Bjerknes.

(3) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Sur le mouvement des noyaux de variation de pression*; Hildebrandsson, dès 1889 (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1001), avait déduit du dépouillement des observations de cirrus que la direction des courants supérieurs coïncide à peu près avec la trajectoire moyenne des dépressions.

(4) La correspondance des courants de perturbations et de la topographie isobarique peut même apparaître sur des moyennes mensuelles (F→ et les isobares à 4000^{m} calculées par Teisserenc de Bort).

(5) Shaw estime que deux anticyclones étagés en latitude participent à la formation

La notion de front polaire est donc trop étroite. Il n'y a pas d'air tropical et d'air polaire *absolus*; par exemple (A) joue presque constamment le rôle d'air tropical par rapport à F→ et d'air polaire par rapport à M→ et la surface de discontinuité entre alizés et contre-alizés [1] joue dans le fonctionnement de M→ le même rôle que la surface de discontinuité du front polaire dans celui de F→. Il y a de grandes masses d'air *relativement* chaudes (et stables) et, en altitude, froides (et instables), dont les contrastes de température donnent naissance au front polaire *et aux pseudo-fronts polaires.*

BOTANIQUE. — *Formation, distribution et circulation de l'inuline dans la tige de Topinambour.* Note de M. **H. Colin**, présentée par M. Guignard.

On sait que la feuille de Topinambour ne renferme pas trace de lévulosanes, mais seulement de l'amidon chlorophyllien et, en petite quantité, du sucre de canne, du glucose et du lévulose; l'inuline et ses satellites n'apparaissent que dans la tige qui les achemine vers les tubercules.

Les investigations n'ont jamais été poussées plus loin, tant il semble naturel d'admettre que les sucres délivrés par le pétiole gagnent le liber, à travers le parenchyme cortical, s'y condensent à l'état d'inuline et descendent ensuite, par les vaisseaux libériens, jusqu'à la base de la tige.

La réalité est tout autre; on s'en douterait rien qu'en observant une coupe de la tige de Topinambour : il est matériellement impossible, si l'on tient compte du poids des tubercules reliés à la tige, que les quelques assises de cellules qui constituent le tissu libérien suffisent au rôle qu'on leur prête et puissent assurer le transport de telles quantités d'inuline.

L'analyse minutieuse de la tige de Topinambour démontre que l'inuline est absente, ou à peu près, de l'écorce et qu'elle imprègne toutes les régions du cylindre central, non seulement les rayons médullaires, mais le bois et la moelle.

Il est facile d'enlever l'écorce sans qu'aucun fragment du liber reste adhé-

---

et à l'entretien des dépressions. La présence de deux anticyclones n'est pas nécessaire : M→ l'été se propage le long de la dépression saharienne, F''→ parfois le long d'une dépression sur l'océan Glacial. Seuls importent : 1° le contraste de température; 2° le courant de transport en altitude.

(1) Cf. Sverdrup, *Der Nordatlantische Passat* (*Veröffentlichungen des Geophysikalischen Institut*, t. 2, Leipzig, 1917-1920, p. 33).

rent au bois; sur la tige ainsi décortiquée puis fendue en deux, on peut aisément détacher du bois le tissu spongieux très développé qui constitue la moelle et dont la partie la plus interne devient blanche et lacuneuse à mesure que la tige vieillit. Écorce, bois, moelle sont analysés séparément; on y dose le sucre réducteur libre (r), le saccharose (s) ou, plus exactement, l'ensemble des principes hydrolysés par la sucrase et enfin l'inuline (i), sans oublier de déterminer le pouvoir rotatoire global $[\alpha_1]$ de la réserve hydrocarbonée. Les teneurs sont rapportées à 100 du poids frais. On a répété les analyses tout le long de la période de végétation prélevant chaque fois trois tronçons, l'un à la base, l'autre au milieu de la tige, le troisième à quelque distance du sommet. Les résultats qui suivent ont été obtenus au début du mois d'août; la tige avait alors $1^m,50$ de hauteur.

		I. Sommet.	II. Milieu.	III. Base.
Écorce.	$[\alpha_1]$	+43	+44	+47
	r	0,06	0,05	0,05
	s	0,76	0,67	0,47
	i	0,26	0,21	0,16
Bois.	$[\alpha_1]$	−11	−13	−20
	r	0,75	0,06	0,05
	s	0,59	0,50	0,42
	i	3,61	4,30	4,75
Moelle.	$[\alpha_1]$	− 7	−12	− 4
	r	0,17	0,13	0,08
	s	0,26	0,31	0,39
	i	2,92	2,38	1,73

Telle est la physionomie de la tige à l'époque où les stolons commencent à se renfler en tubercules. Bien avant ce temps, l'anneau ligneux est déjà rempli d'inuline; dans la suite, en septembre et en octobre, la distribution des principes hydrocarbonés reste la même; le suc de l'écorce est toujours franchement *dextrogyre;* on ne voit, à aucun moment, les lévulosanes s'accumuler dans le cylindre cortical, pas même vers la fin de la saison, lorsque la tige, cessant de croître et commençant à se dessécher, le tissu ligneux apparaît saturé d'inuline du sommet de la tige à l'extrémité des racines.

Deux conclusions se dégagent de ces faits relativement à la circulation et à la formation de l'inuline dans la tige du Topinambour.

1° Il est certain que l'inuline chemine par les régions profondes de la tige plutôt que par les parties superficielles : ainsi s'explique que la décor-

tication annulaire, à quelque niveau de la tige qu'on la pratique, reste sans grand effet sur le rendement en tubercules.

2° Le liber n'est pas le lieu exclusif où s'élabore l'inuline par condensation des hexoses. Les sucres délivrés par le pétiole et formés d'un mélange dextrogyre de saccharose, de glucose et de lévulose traversent l'écorce et, par les rayons médullaires largement ouverts, pénètrent dans le cylindre central, envahissant la moelle aussi bien que les cellules ligneuses. Ce qui n'est pas utilisé sur le champ chemine de haut en bas et c'est au cours de ce trajet que s'effectue la condensation à l'état d'inuline; du sommet de la tige à la base, on voit en effet la proportion d'inuline augmenter sans cesse, tandis que le saccharose et les sucres réducteurs s'effacent progressivement.

BOTANIQUE. — *Essais de cultures pures d'une Saprolégniée.* Note de M. J. Chaze, présentée par M. Molliard.

La culture pure des *Saprolégniacées* passe pour être très difficile; Klebs et Horn ont réussi à la réaliser en cultivant d'abord le champignon dans une solution de peptone gélosée à 1 pour 100, puis en transportant les filaments les plus jeunes sur une décoction de *Pois jaune*. Mais ces auteurs, dont le but était seulement de déterminer les conditions dans lesquelles se forment les zoosporanges et la reproduction sexuelle, s'en sont tenus là et n'ont pas essayé d'autres procédés de cultures.

De même différents auteurs, en particulier Radais et Dop, ont obtenu des cultures pures de *Saprolegnia* en ajoutant au milieu de culture employé un acide organique (citrique ou lactique); mais ces auteurs ne semblent pas, comme nous, avoir réalisé des cultures pures pouvant être repiquées indéfiniment et se développant sur les milieux les plus divers.

On sait par les recherches de Arthur Meyer, Dangeard et Guilliermond que les *Saprolégniacées* sont des champignons extrêmement favorables aux observations cytologiques vitales; ils ont été à ce point de vue dans ces dernières années l'objet d'importantes recherches.

La réalisation de leur culture pure, en dehors de son intérêt propre, a donc une grande importance à ce point de vue, car elle permettra de faciliter les recherches cytologiques.

Nos recherches ont eu pour objet un *Saprolegnia*, isolé de poissons, qu'il nous a été impossible de déterminer d'une manière plus précise en raison de son absence de reproduction sexuelle.

Nous avons réussi à réaliser la culture pure de ce champignon en suivant les indications de Klebs, de Horn, Radais et Dop et en perfectionnant leurs méthodes.

Notre technique consiste à laver à l'eau courante le mycélium recueilli sur le poisson et à le passer dans une solution d'acide lactique, afin d'éliminer les nombreuses bactéries qui lui sont associées. On l'ensemence ensuite dans un flacon d'Erlenmeyer contenant du pain humide stérilisé. Au bout de quelques jours, la surface du substratum se recouvre d'un mycélium blanc dont on prélève les parties les plus jeunes pour l'ensemencer dans une boîte de Pétri renfermant de la peptone gélosée à 1 pour 100. La croissance est rapide et donne un mycélium blanchâtre entremêlé à des colonies bactériennes. On prélève alors une partie de ce mycélium sain et éloigné des colonies bactériennes pour l'ensemencer dans une solution de *Soja hispida* gélosé. On recommence l'ensemencement jusqu'à l'obtention de cultures absolument pures.

La culture pure étant réalisée, le *Saprolegnia* peut être cultivé avec la plus grande facilité sur tous les milieux employés pour la culture des champignons et, bien qu'il soit adapté à la vie aquatique, il se développe très abondamment sur les milieux solides.

Voici les milieux dans lesquels nous avons obtenu une abondante végétation du champignon.

Milieux solides : décoction de poisson gélosée à 5 pour 100, pomme de terre, carotte, riz, moût de bière gélosé, solution de peptone gélosée à 1 pour 100, décoction de *Soja hispida* gélosée, pain, milieu glucosé de Sabouraud, gélose de Gorodkowa.

Milieux liquides : décoction de vers de farine, solution de peptone à 1 pour 100, décoction de poisson à 5 pour 100, décoction de Soja, moût de bière.

En culture pure à température du laboratoire, le mycélium est toujours immergé dans les milieux liquides, il est aérien et présente un peu l'aspect d'une culture de Mucoracées dans les milieux solides. Le mycélium est le plus souvent complètement stérile ; ce n'est que très rarement qu'on observe, dans les milieux liquides seulement, la production aux extrémités des filaments de renflements remplis de cytoplasma dense qui se délimite par une cloison transversale comme s'ils allaient se transformer en zoosporanges ; mais on n'observe pas la production de zoospores. Ces organes déjà décrits par Klebs sous le nom de Gemmes nous paraissent représenter des ébauches de zoosporanges.

Contrairement à l'opinion de certains auteurs le champignon supporte d'assez fortes concentrations du milieu nutritif. En milieu liquide ce sont les solutions les moins riches en matière nutritive dans lesquelles le champignon vit le mieux ; mais on obtient son développement avec des concen-

trations croissantes de peptone, allant de 1 à 10 pour 100; à mesure que la concentration augmente, les filaments s'amincissent et se remplissent de granulations graisseuses.

Le champignon végète très lentement à 10°; la température optima pour la croissance est au voisinage de 25° et la température maxima est située entre 38° et 40°.

Les zoosporanges peuvent être obtenus en plaçant à l'inanition dans l'eau un mycélium jeune et provenant d'un milieu très nutritif. La température a une action importante sur la formation des zoosporanges qui se produisent à 25° en solution de peptone à 1 pour 100 et décoction de Soja, alors qu'à 20° le mycélium reste stéri e dans les mêmes cultures.

En aucun cas il ne nous a été possible d'obtenir la reproduction sexuelle.

Le mycélium obtenu en culture pure présente sur le vivant les caractères cytologiques décrits par Guilliermond sur des *Saprolégniacées* provenant directement des poissons qu'ils attaquaient. On y peut voir très distinctement les noyaux, un chondriome constitué surtout par des chondriocontes et des granulations graisseuses. La double coloration (rouge neutre et vert Janus) préconisée par Guilliermond nous a permis d'obtenir la coloration du chondriome par le vert Janus, et celle du système vacuolaire par le rouge neutre.

Les cultures sur milieux solides sont très propices à la conservation du champignon qui peut rester vivant plus de trois mois; les milieux liquides à concentration moyenne produisent par contre un mycélium beaucoup plus favorable aux observations cytologiques que les milieux solides; dans ces derniers les filaments se remplissent en effet de granulations graisseuses qui empêchent l'observation du cytoplasma.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de très fortes quantités de maltose libre dans les tubercules frais de l'*Umbilicus pendulinus D.C. Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

On sait que le maltose est l'hexobiose qui se forme dans l'hydrolyse de l'amidon par l'amylase et qu'il a été découvert, en 1847, par Dubrunfaut. L'amidon est extrêmement répandu dans le règne végétal, mais le maltose n'a jamais été retiré directement des végétaux, en dépit de nombreux travaux effectués dans ce but.

M. Gillot, en 1923, a indiqué sa présence dans les organes de réserve de

la mercuriale vivace ([1]). Malgré de nombreux essais, M. Gillot n'a pas réussi à obtenir le maltose cristallisé et a dû se contenter de sa caractérisation par l'osazone, ce qui laisse place au doute.

Au cours d'un travail que je poursuis depuis plusieurs années sur les glucosides des plantes de la famille des Crassulacées et dont le point de départ a été la découverte d'un glucoside à essence dans le *Sedum Telephium* L. ([2]), j'ai rencontré une plante de cette famille, l'*Umbilicus pendulinus* D.C. dont les tubercules frais m'ont fourni, en très grande quantité, le maltose cristallisé. Les résultats des essais biochimiques effectués sur des tubercules récoltés en avril et en septembre au Pouldu (Finistère) sont les suivants ($100^{cm^3} = 100^g$ d'organes frais) :

	Avril.	Septembre.
Rotation initiale ($l = 2$)	$+9°2'$	$+15°50'$
Rotation après action de l'invertine	$+8\ 50$	$+15\ 10$
Rotation après action de l'émulsine	$+9\ 8$	$+16\ 12$
Sucre réducteur initial (pour 100^{cm^3})	$2^g,635$	$3^g,722$
Sucre réducteur après action de l'invertine	2,800	4,284
Sucre réducteur après action de l'émulsine	3,294	4,768

Remarquons la forte déviation initiale droite des liquides, déviation bien plus forte d'ailleurs en septembre qu'en avril, et la quantité considérable de sucre réducteur initial exprimé en glucose.

L'action de l'invertine est faible : 12' de changement de rotation pour une formation de $0^g,165$ de sucre réducteur en avril; 40' et $0^g,562$ de sucre réducteur en septembre. Cette faible action indique que le produit dextrogyre existant dans la plante n'est pas un glucide hydrolysable par l'invertine, saccharose, gentianose, raffinose, stachyose ou verbascose.

Sous l'action de l'émulsine, les changements sont sensiblement identiques : changements de rotation de 58' et de 62', formation de $0^g,494$ et de $0^g,484$ de sucre réducteur. Les tubercules frais d'*Umbilicus pendulinus* L. renferment donc un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Il se forme, sous l'action de l'émulsine, un abondant précipité, mais il ne se dégage aucune odeur aromatique. Ce n'est donc pas un glucoside à essence comme celui qui existe dans le *Sedum Telephium* L. et dans deux autres espèces du même genre, *Sedum Rhodiola* D. C. et *Sedum Selskianum* (recherches inédites).

Il ressort nettement des résultats de ces deux essais biochimiques que

---

([1]) *Sur la présence du maltose dans les organes de réserve de* Mercurialis perennis *L.* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 28, 1923, p. 148).

([2]) *Sur la présence d'un glucoside à essence dans les tiges foliées et les racines du* Sedum Telephium *L.* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 186).

l'*Umbilicus pendulinus* D. C., plante vivace, renferme, comme principale réserve glucidique, un produit fortement dextrogyre, non hydrolysable par l'invertine, et, très vraisemblablement, réducteur. Il était donc intéressant de chercher à caractériser ce principe dextrogyre.

J'ai opéré sur 5000^g de tubercules frais que j'ai arrachés au Pouldu (Finistère) du 23 juillet au 11 septembre 1924. Le temps écoulé entre la récolte et le traitement par l'alcool bouillant au laboratoire a été de 2 jours et demi à 4 jours, suivant les envois. Les tubercules étaient entiers et arrivaient au laboratoire en excellent état de conservation.

Par concentration et précipitations des liquides alcooliques, on a obtenu d'abondantes cristallisations de maltose dont le poids s'est élevé à près de 200^g, soit un rendement de 40^g par kilogramme de tubercules frais.

Le maltose a été purifié par cristallisations dans l'alcool à 90^c. Le produit pur, séché à l'air, possède des propriétés qui l'identifient, sans aucun doute possible, avec le maltose.

Il renferme 5,02 pour 100 d'eau dont il ne perd la totalité qu'à $+130°$.

Il possède la mutarotation ascendante : son pouvoir rotatoire initial est $\alpha_D = +113°,84$; son pouvoir rotatoire stable

$$\alpha_D = +130°,11 \ (p = 0,5380; \quad v = 25; \ l = 2; \quad \alpha = +4°54' \text{ et } +5°36').$$

Le pouvoir rotatoire du produit anhydre est $\alpha_D = +136°,98$.

1^g réduit comme $0^g,533$ de glucose. 1^g de produit anhydre réduit donc comme $0^g,562$ de glucose.

Le poids moléculaire, déterminé par la méthode à l'iode et au carbonate de sodium de M. Bougault, a été trouvé de 358.

Le maltose hydraté cristallise avec 5 pour 100 d'eau. Son pouvoir rotatoire initial est $\alpha_D = +114°$; son pouvoir rotatoire stable $\alpha_D = +130°$. Son poids moléculaire est de 360.

1^g de maltose anhydre réduit comme $0^g,560$ de glucose.

Le dosage d'une solution de maltose retiré de l'*Umbilicus pendulinus* D.C. renfermant, pour 100^{cm^3}, $2^g,0440$ de produit anhydre, a donné, par le procédé de M. G. Bertrand, $2^g,0494$ de sucre réducteur, exprimé en maltose anhydre.

En résumé, les tubercules frais de l'*Umbilicus pendulinus* D.C. renferment, comme aliment de réserve, de fortes quantités de maltose dont il a été possible d'obtenir à l'état cristallisé près de 4^g pour 100^g.

C'est la première fois que le maltose a été retiré directement à l'état cristallisé des végétaux.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'indol des fleurs du Jasmin d'Espagne.* Note de M. R. **Cerighelli**, présentée par M. L. Maquenne.

La présence d'indol dans l'essence du Jasmin d'Espagne (*Jasminum grandiflorum* L.), cultivé à Grasse pour la parfumerie, a été signalée pour la première fois par A. Hesse ([1]), au cours d'une étude qu'il a faite sur les constituants de cette essence, obtenue soit par *enfleurage* (fleurs laissées pendant 24 heures, en atmosphère confinée, en contact avec un corps gras), soit par *extraction* au moyen de dissolvants volatils (par exemple éther de pétrole), soit encore par *distillation* à la vapenr d'eau.

Dans le grand nombre de publications qu'il a faites, A. Hesse n'a signalé avec certitude de l'indol que dans l'essence d'enfleurage, qui en renfermerait 2,5 pour 100 ([2]), et il en a conclu que l'indol ne se trouverait pas en nature dans la fleur vivante, mais seulement sous une forme complexe non décelable dans les essences d'extraction ou de distillation. L'indol se formerait donc pendant l'enfleurage. D'ailleurs pendant cette opération, il se formerait, toujours d'après le même savant, au moins 5 fois plus d'essence que dans les autres méthodes, ce qui justifierait cette idée de phénomènes physiologiques normaux se continuant dans les fleurs séparées de la plante et correspondant à l'élaboration de nouvelles quantités d'essence.

Certains auteurs ont combattu cette opinion de A. Hesse; M. Van Soden ([3]), en particulier, a signalé de l'indol dans l'essence d'extraction.

Dans un travail plus récent, M. Baccarini ([4]) a recherché microchimiquement l'indol dans quelques espèces de Jasmin. Il a trouvé que certaines espèces en contiennent et que d'autres en sont dépourvues; mais il n'a pas opéré sur le Jasmin d'Espagne.

La question restait donc entière; c'est pour tenter de la résoudre que j'ai entrepris ces recherches, sur lesquelles je donnerai ailleurs un Mémoire plus détaillé. Je ne rapporterai ici que les faits qui me paraissent d'ores et déjà bien établis.

Pour la recherche et le dosage de l'indol, j'ai employé surtout le réactif

---

([1]) A. Hesse, *Berichte d. deutsch. Chem. Gesellsch.*, t. 32, 1899, p. 2611.

([2]) A. Hesse, *Ibid.*, t. 34, 1901, p. 2929.

([3]) Van Soden, *Journ. für prakt. Chem.*, t. 69, 1904, p. 252.

([4]) P. Baccarini, *Bull. della Soc. bot. ital.*, 1910, p. 96.

de M. Denigès [1] (vanilline en solution alcoolique additionnée d'acide chlorhydrique).

I. *Recherche et dosage de l'indol dans les fleurs.* — Aussitôt après l'éclosion des fleurs, qui a lieu vers le soir, les fleurs du Jasmin d'Espagne ne renferment pas d'indol; par contre le lendemain matin, au moment de la récolte, elles en renferment en moyenne 5^{mg} pour 100^{g} d'organes frais. Sur des fleurs laissées sur la plante et analysées au cours de la journée, on constate une disparition progressive de l'indol; le soir, les fleurs n'en contiennent plus. Je me suis assuré dans des expériences directes que ce phénomène est déterminé, au moins en partie, par la lumière.

Récoltées le matin, les fleurs sont transportées aux usines dans des paniers fermés. Elles n'arrivent à destination que 5 heures après la récolte, parfois plus longtemps après. A ce moment les fleurs isolées renferment toujours de l'indol, de 3,5 à 5^{mg} par 100^{g} d'organes frais. L'indol ne disparaît pas, pendant le jour, dans les fleurs isolées conservées en *atmosphère confinée.* Conservées pendant 5 heures dans ces conditions, elles contiennent encore, au bout de ce temps, des quantités d'indol égales à celles du début; les mêmes organes conservés bien étalés dans une atmosphère renouvelée et pendant le même temps ne contiennent que $0^{mg},9$ à $1^{mg},5$ pour 100^{g} d'organes frais. Une expérience semblable avait conduit A. Hesse [2] au même résultat.

Lorsque les fleurs traitées ont accumulé de l'indol, ce qui est le cas dans l'industrie, les essences d'extraction et de distillation en contiennent aussi.

II. *Dégagement d'indol.* — Dès que les fleurs s'épanouissent, au moment où elles répandent du parfum, elles dégagent de l'indol.

Je n'ai pas fait de déterminations quantitatives avec les fleurs adhérentes à la plante; mes observations ont été plus complètes avec les fleurs isolées. 100^{g} de fleurs fraîches dégagent, en une heure, des quantités d'indol variant de $0^{mg},6$ à $0^{mg},8$. Après 24 heures de conservation en atmosphère confinée, les fleurs dégagent des quantités d'indol sensiblement égales à celles des fleurs fraîches. On peut donc admettre, du moins pour la température de 24° où j'ai opéré, que 100^{g} de fleurs dégagent de $14^{mg},5$ à 19^{mg} d'indol pendant 24 heures, c'est-à-dire à peu près 3 à 4 fois plus qu'elles n'en contiennent au début. Ce dernier résultat, à la proportion près, est conforme à ceux qui ont été donnés par A. Hesse.

---

(1) G. Denigès, *Précis de Chimie analytique*, A. Maloine, éditeur, Paris, 1920.
(2) A. Hesse, *Berichte d. deutsch. Chem. Ges.*, t. 34, 1901, p. 2925.

III. *Conclusion.* — De ces premières recherches, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° L'indol est bien un constituant normal de la fleur du Jasmin d'Espagne. Dans cet organe, il se trouve peut-être sous forme de combinaison complexe, non décelable dans le bouton floral. Dès que la fleur s'épanouit, l'indol est mis en liberté, il se dégage dans l'atmosphère. La nuit l'indol s'accumule dans les tissus de la fleur pour en disparaître dès que la lumière agit sur la plante. Il reste à déterminer comment se fait cette disparition ; ce sera l'objet de recherches ultérieures.

2° L'indol continue de se dégager de la fleur isolée, où il ne s'accumule qu'en atmosphère confinée. Dans ces conditions, il ne semble pas dépasser une certaine proportion, de 5 à 6^{mg} pour 100^{g} d'organe pris dans les conditions de mes expériences.

3° Traitées après séjour dans une atmosphère confinée — ce qui est le cas de l'industrie, les fleurs étant transportées aux usines dans des paniers fermés — les fleurs livrent de l'indol aux procédés d'extraction et de distillation.

4° Les fleurs isolées dégagent 3 à 4 fois plus d'indol, dans les conditions de mes expériences, qu'elles n'en peuvent accumuler. On conçoit donc que par enfleurage, on puisse obtenir une plus grande quantité d'indol que par les autres méthodes d'extraction ou de distillation.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude du milieu soluble et des tissus insolubles au cours du développement du blé; influence d'un engrais minéral complet.* Note (¹) de M. **J. Chaussin**, présentée par M. L. Maquenne.

J'ai entrepris l'étude de l'action d'un engrais minéral complet (azote nitrique, acide phosphorique, potasse et magnésie) sur la composition du milieu intérieur (partie soluble) dans les différents tissus au cours du développement du blé; en employant la méthode du bouillon, utilisée par L. Lapicque dans ses recherches sur les algues, que j'ai choisie après une étude (²) critique faite en collaboration avec lui.

Deux parcelles contiguës d'un sol qui n'avaient pas reçu d'engrais depuis longtemps, ont été ensemencées au 15 octobre 1923 en blé hybride des

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

(²) L. Lapicque et J. Chaussin, *Sur les méthodes de mesure de la concentration moléculaire globale dans les tissus végétaux* (*C. R. Soc. de Biol.*, t. 91, 12 juillet 1924, p. 463).

Alliés; l'une d'elles avait été préalablement pourvue d'engrais et reçut une deuxième addition au printemps.

Les prises d'échantillons ont eu lieu aux dates ci-dessous indiquées. Jusqu'au 9 mai les organes de la plante étant peu différenciés, nous avons pris l'ensemble herbacé de la plante, considéré comme feuilles; à partir de cette date, nous avons séparé la feuille sans ses gaines et la tige dépouillée de celles-ci, et à dater du 29 mai les feuilles, les tiges et les épis.

Les déterminations faites ont été les suivantes :

1° Poids sec à l'étuve de Gay-Lussac, et cendres correspondantes par calcination au rouge sombre; 2° point cryoscopique du bouillon (nombre permettant le calcul, par proportion des quantités d'eau, du Δ correspondant à la quantité d'eau de la plante, nombre donné dans nos résultats); 3° extrait sec à 100° du bouillon et cendres correspondantes. Ces déterminations permettent de séparer dans la plante la partie soluble et la partie insoluble.

Voici un résumé du tableau général des résultats ainsi obtenus sur la partie soluble.

Dates. — 1924.	Δ		Extrait sec pour 100 de poids frais		Poids moléculaire moyen		Cendres pour 100 d'extrait sec	
	avec engrais.	sans engrais.	avec engrais.	sans engrais.	avec engrais.	sans engrais.	avec engrais.	sans engrais.
				Feuilles.				
	°	°						
5 avril..	1,02	0,99	6,65	7,38	147	171	22,6	18,5
25 mai...	1,13	1,03	6,69	5,96	144	144	25,1	15,7
6 juin...	1,15	1,02	6,95	6,76	152	169	24,4	20,0
16 juin...	1,28	1,22	7,47	7,90	149	166	18,7	17,2
23 juin...	1,35	1,40	8,61	9,80	165	186	18,3	19,7
29 juin...	1,57	1,61	9,02	9,09	153	151	22,0	20,8
				Tiges.				
6 juin...	0,80	0,76	6,52	5,14	191	156	9,9	10,7
16 juin...	1,12	0,98	9,90	6,40	227	166	6,7	7,8
23 juin...	1,23	1,11	12,64	9,03	298	219	5,3	5,9
29 juin...	1,68	1,29	13,31	9,50	243	211	4,6	6,5
6 juillet.	1,63	1,34	10,77	10,36	205	249	6,8	3,5
12 juillet.	»	»	5,21	4,73	»	»	8,4	13,6
				Épis.				
6 juin...	0,91	0,79	5,54	5,47	159	167	14,4	11,1
16 juin...	1,02	0,97	7,78	6,48	207	184	10,4	11
23 juin...	0,94	0,89	7,69	8,40	232	254	5,7	7,6
29 juin...	0,63	0,80	2,82	4,16	143	146	20,8	11,5
6 juillet.	0,64	0,70	2,08	2,66	119	123	32,2	15,5
12 juillet.	»	»	3,33	2,75	»	»	13,5	18,7

Examinons d'abord dans le blé avec engrais, dont l'évolution a été plus régulière, les résultats généraux :

I. La feuille, laboratoire principal de la plante, apparaît comme un organe remarquablement stable au cours du développement :

a. La proportion soluble du poids sec total varie peu et reste voisine de 30 pour 100.

b. Le poids moléculaire moyen de la partie soluble oscille peu autour de sa valeur moyenne 144.

c. Le rapport de la matière minérale à l'extrait sec total dans la partie soluble atteint une valeur élevée qui reste comprise dans des limites étroites autour de 25 pour 100, environ 10 fois plus forte que celle du même rapport dans le tissu insoluble correspondant.

Mes recherches étendues à un certain nombre d'espèces me permettent de conclure, que si l'on se place en dehors de la période du tout premier développement, et de celle des migrations importantes de la fin, *cette constance dans le rapport de la matière minérale à l'extrait sec dans la partie soluble de la feuille est une propriété générale.*

Dans la terre du Parc Saint-Maur sans engrais, les espèces suivantes étudiées : carottes, pommes de terre, pois, haricots, trèfle, luzerne, ont ainsi fourni des rapports allant de 25 à 30 pour 100 tout à fait voisins de ceux du blé avec engrais. Une plante à croissance rapide, le navet, nous a fourni une valeur exceptionnellement élevée, voisine de 40 pour 100. Le blé et l'avoine sans engrais ont un rapport moyen d'environ 18 pour 100.

II. Dans les relations des diverses parties de la plante, on remarque que la tige qui fonctionne comme organe transitoire de réserve a toujours un point cryoscopique inférieur à celui de la feuille, et que la marche de l'accumulation des réserves dans la tige, que l'on suit à l'augmentation progressive de l'extrait, est accompagnée d'une condensation constatée par l'augmentation du poids moléculaire moyen. Ces résultats sont conformes à la loi de Maquenne.

III. *a.* L'engrais minéral détermine dans le blé avec engrais une pression osmotique plus forte que dans celui sans engrais.

b. Le rapport de la matière minérale de la partie soluble de la feuille à l'extrait sec total est notablement plus élevé dans le blé avec engrais.

L'extrait de la tige et les résultats culturaux témoignent d'une meilleure assimilation dans le cas du blé avec engrais.

c. Les graminées paraissent avoir une faculté moins grande pour puiser dans le sol les matières minérales que beaucoup d'autres espèces; vis-à-vis des légumineuses ce fait a déjà été signalé.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité chez les plantes greffées.* Note (¹) de M. LUCIEN DANIEL, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une précédente Note (²), j'ai montré que la tuberculisation aérienne acquise à la suite du greffage du Topinambour sur Soleil annuel était devenue héréditaire à la première génération chez quelques-uns des descendants de l'épibiote.

Ayant, cette année, planté à la fois les tubercules aériens et souterrains du pied qui avait ainsi conservé au plus haut degré la propriété acquise, j'ai constaté que toutes les jeunes plantes avaient donné encore des tubercules aériens. Toutefois le nombre de ceux-ci s'est montré variable suivant les exemplaires, qui étaient de vigueur inégale, car, faute de terrain, j'avais dû leur mesurer l'espace.

Ce qu'il y a eu de plus remarquable, c'est que, si chez quelques exemplaires la tuberculisation basilaire de la tige existait seule, chez d'autres elle était accompagnée d'une tuberculisation apicale. Le sommet de certaines tiges s'était renflé sur une étendue variable, comme un rhizome aérien, et à l'aisselle des feuilles s'étaient formés des tubercules violacés, tantôt distants les uns des autres, tantôt rapprochés en forme de casse-tête d'aspect très singulier. Ces faits montrent bien que la tuberculisation aérienne, caractère acquis par la greffe, est désormais fixée; il en a été de même des caractères des feuilles et des variations de forme des tubercules souterrains.

Chez les Pommes de terre Fluke, dont j'ai étudié la tuberculisation aérienne et dont j'ai signalé il y a quatre ans le supplément de résistance acquis par greffage sur Tomate, ce supplément de résistance a disparu cette année et n'a ainsi été que transitoire, comme d'autres variations de greffe que j'ai déjà eu l'occasion de décrire (³).

Dans d'autres publications (⁴), j'ai montré les modifications considérables provoquées dans la descendance des Absinthes greffées sur le

---

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

(²) LUCIEN DANIEL, *Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1449).

(³) LUCIEN DANIEL, *Hérédité transitoire à la suite de la greffe de Moutarde sur Chou* (*Revue bretonne de Botanique*, t. 15, 1919, p. 3).

(⁴) LUCIEN DANIEL, *La greffe des plantes à parfum.* (*Revue mensuelle de Parfumerie et Savonnerie*, Paris, t. 2, 1924, p. 1).

Chrysanthemum frutescens. Ces Absinthes, dont les feuilles fines et frisées avaient une odeur plus fine et plus prolongée, me fournirent par semis des plantes d'aspect varié. J'en sélectionnai une qui me parut intéressante et j'en semai les graines. Je constatai que les jeunes semis différaient beaucoup et que deux types extrêmes, l'un à larges feuilles et odeur moins bonne, l'autre à feuilles frisées et odeur suave, étaient reliés entre eux par de nombreux intermédiaires.

J'ai greffé ces deux types extrêmes sur *Chrysanthemum frutescens;* j'ai constaté que le type primitivement amélioré avait perdu une partie de ses qualités à la suite de ce nouveau greffage; dans ce cas, il y a donc une limite à l'amélioration par ce procédé. Quant au type détérioré, il a donné chez certains pieds greffés une détérioration plus accentuée, et chez d'autres il s'est produit une amélioration par une sorte de retour en arrière, sans cependant rétablir le type primitif.

Des Soleils annuels greffés sur Topinambour avaient fourni, les uns des fasciations, d'autres des feuilles très larges, des capitules énormes, avec une ramification considérable et une seconde floraison. J'ai semé les graines d'un exemplaire fascié; les plantes obtenues n'ont pas fourni de fasciations. J'ai semé les graines des exemplaires nanifiés, ramifiés et remontants; les plantes obtenues ont tantôt donné des Soleils semblables au type franc de pied, tantôt des exemplaires trapus, à larges feuilles, à capitules énormes et quelques-uns se sont montrés remontants. Leur tige était plus ligneuse et leur racinage plus développé, comme cela existe chez les Soleils greffés avec le Topinambour.

Enfin j'ai étudié la descendance de la Douce-Amère (*Solanum dulcamara*) greffée depuis plusieurs années sur racine de Belladone. Tandis que beaucoup de jeunes semis ont conservé les caractères du type, l'un d'eux a fourni une plante à tige rampant sur le sol et à feuilles beaucoup plus développées; cela montre que la Douce-Amère étant devenue rampante à la suite du greffage, un de ses descendants a hérité de la modification géotropique imposée à son ancêtre par la greffe.

Les faits que je viens de rapporter confirment ce que j'ai déjà indiqué il y a bientôt trente ans. Il y a, dans certains cas, hérédité de certains caractères acquis par le greffage. Cette hérédité peut être durable ou transitoire; la variation peut atteindre tous les individus ou quelques individus seulement, mais tous les individus atteints ne le sont pas de la même manière ni au même degré. Le greffage se révèle ainsi, en certains cas, comme un procédé qui permet d'affoler les espèces et de provoquer la variation désordonnée, suivant l'expression de Naudin.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de l'apparition du sexe chez les plantes dioïques.* Note (1) de **M. Munerati**, présentée par M. Molliard.

En étudiant la façon dont se comportent les plantes sous l'influence d'un éclairage artificiel nocturne intense, j'ai eu l'occasion de remarquer (2) le fait singulier suivant : Alors que pour beaucoup d'espèces, ainsi que cela a été observé à diverses reprises, le stimulus d'une lumière continue hâte plus ou moins sensiblement les phases du cycle végétal, parmi les espèces essayées par nous, le chanvre montra au contraire une tendance très nette à réagir dans un sens tout à fait opposé.

Nos premières constatations avaient été effectuées au cours d'une série d'expériences de culture en lumière artificielle exclusive grâce au procédé préconisé par R. B. Harwey (3). Alors que même dans ce cas, les plantes les plus différentes étaient arrivées à passer régulièrement de la graine à la graine en l'absence complète du soleil, une cinquantaine d'individus de chanvre continuèrent longuement à végéter, à croître et à prospérer pendant sept mois (d'avril à octobre) sans se différencier (4).

Ceci nous engagea à vérifier comment aurait réagi cette espèce étant soumise à l'action de la lumière solaire ordinaire complétée par une lumière artificielle intense pendant les heures nocturnes. Même dans de telles conditions, avec un ensemencement fait au premier jour de février, cinq individus seulement (dont quatre plantes mâles et une plante femelle) parmi une centaine, se différencièrent dans l'espace de trois mois; tandis que tous les autres, bien que prenant peu à peu un développement considérable — jusqu'à atteindre presque 2^{m} de hauteur — ne s'étaient pas encore différenciés à la fin du huitième mois.

Comme les essais ci-dessus avaient été faits avec le type de chanvre géant habituellement cultivé dans la basse vallée du Pô, qui est, ainsi qu'on

---

(1) Séance du 17 novembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 13.

(3) R. B. Harwey, *Growth of plants in artificial light from seed to seed* (*Science*, vol. **61**, 1922, n° **1448**, p. 306); *Growth of plants in artificial light* (*The Botanical Gazette*, vol. **74**, 1922, n° **4**, p. 447).

(4) O. Munerati, *Dal seme al seme in esclusiva luce artificiale* (*Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze*, t. **83**, 1923, p. 751).

le sait, à floraison tardive, nous pensâmes exalter les différences, en mettant en culture, et toujours en lumière continue (normale le jour et artificielle la nuit), une variété à floraison hâtive. Pour cela nous nous procurâmes une petite quantité de graine du chanvre dit « de Mandchourie » qui, semé en culture ordinaire aux premiers jours de mars 1924, était déjà fleuri dans la deuxième quinzaine d'avril et nous le mîmes en expérience, avec ensemencement le 26 juillet, en double essai parallèle : l'un dans les conditions normales naturelles, l'autre avec éclairage continu. Les résultats, cette fois encore, furent identiques : dans la culture ordinaire tous les individus étaient en pleine floraison après un mois de semis; et, dans la troisième décade de septembre, les plantes femelles portaient déjà de la graine abondante et mûre; dans la culture avec éclairage ininterrompu aucun individu n'était encore différencié aux premiers jours d'octobre.

A ce moment, la lumière nocturne étant soustraite et les plantes obligées, en conséquence, de se trouver brusquement au régime ordinaire, le sexe était déjà nettement différencié après une dizaine de jours. En même temps, enlevées également à la lumière continue, les plantes de chanvre géant, dont nous parlions plus haut, et qui, semées le premier jour de février étaient restées à l'état végétatif, jusqu'au premier jour d'octobre, montrèrent le même phénomène. Après une douzaine de jours tous les individus étaient déjà en fleur avec les sexes différenciés.

Ainsi il est donc décidément confirmé que le chanvre, qui s'est déjà révélé comme une des plantes les plus intéressantes pour le génétiste et pour l'écologiste, possède aussi une autre aptitude ou attribut spécifique, pareillement curieux et insoupçonné.

Une question se présentait dès les premières constatations : comment se comporteront les autres plants dioïques dans les mêmes conditions? Nous n'avions à ce moment à notre disposition que l'épinard, que nous semâmes le même jour que le chanvre de Mandchourie. Le résultat pour l'épinard fut décidément le contraire : aucune des plantes du lot témoin dans les conditions ordinaires de culture n'avait encore montré tendance à émettre une tige après plus de 60 jours depuis la germination; les sujets en lumière continue, au contraire, avaient, sans exception, déjà commencé à allonger leur tige après 10-12 jours depuis la germination; et, après 25 jours, ils étaient en pleine floraison, en présentant tous les signes caractéristiques des sujets ayant les cycles de végétation extrêmement hâtés (nanisme, cotylédons encore insérés à la base de la tige, etc.).

On serait logiquement porté à attribuer la façon de se comporter de

l'épinard aux conditions de souffrance déterminées sur cette plante par l'éclairage continu; mais en face de ce résultat, le cas du chanvre reste nettement en antinomie.

Le problème mérite donc d'être approfondi en étendant l'étude d'autres espèces dioïques.

ENTOMOLOGIE. — *Action des vapeurs de naphtaline sur* Calliphora erythrocephala *Meig. Étude des lésions microscopiques présentées par les individus mal formés.* Note de M. L. **Mercier**, présentée par M. E. L. Bouvier.

J'ai montré [1] que des pupes de *Calliphora erythrocephala* Meig. soumises à l'action de vapeurs de naphtaline peuvent donner naissance à des Mouches affaiblies présentant des ailes plus ou moins défectueuses, des pattes malformées, un abdomen non dilaté (microgastre). Il m'a paru intéressant de rechercher si, chez les individus microgastres à ailes défectueuses, certains organes internes ne sont pas tout particulièrement touchés par la naphtaline.

L'étude microscopique de coupes sériées de Mouches anormales m'a déjà permis d'établir les faits suivants : certains muscles (muscles vibrateurs longitudinaux du thorax, muscles abdominaux) présentent des lésions cytologiques très nettes, alors que d'autres organes (trachées, tissu adipeux) sont en retard dans leur développement.

Les figures 3 et 4 montrent quelle est l'importance des lésions constatées dans les muscles. On sait que chez *C. erythrocephala* les vibrateurs longitudinaux sont formés chacun d'une série de six fibres superposées. Or, il n'est pas rare d'observer chez des individus microgastres plusieurs fibres présentant des altérations semblables à celles que l'on voit dans la fibre représentée figure 3. On constate que dans une région assez étendue (*a*) la différenciation fibrillaire n'a pas eu lieu.

Les belles recherches de Pérez [2] sur l'histogénèse des muscles abdominaux de *C. erythrocephala* nous ont fait connaître les transformations que

(1) L. Mercier, *Malformations produites chez une Mouche* (Calliphora erythrocephala *Meig.*) *par l'action des vapeurs de naphtaline; réapparition des anomalies dans une seconde génération élevée dans des conditions normales* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1326).

(2) Ch. Pérez, *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides.* Calliphora erythrocephala *Meig.* (*Arch. Zool. exp.*, 5e série, t. 4, 1910, p. 1).

subissent les muscles larvaires au cours de la nymphose pour donner les muscles de l'imago. On sait que chez une nymphe de 17 jours (voir la figure 67, planche XI, donnée par Pérez) les muscles abdominaux ont acquis leur architecture définitive et qu'ils présentent la structure fibrillaire striée caractéristique. Or, la figure 4 représente une fibre abdominale d'une Mouche microgastre tuée 24 heures après l'éclosion qui montre des altérations profondes. Alors que la fibre devrait avoir acquis sa structure depuis plusieurs jours, on constate que son centre est encore occupé par une masse importante de cytoplasme non différencié et que les fibrilles forment une mince couronne périphérique.

Mais en plus de cette première catégorie de lésions, j'ai constaté que les Mouches microgastres présentent souvent un retard notable dans le développement de certains organes. C'est ainsi que la figure 2 représente un fragment de tissu adipeux imaginal provenant de l'abdomen d'un exemplaire microgastre tué trois jours après l'éclosion. Les cellules adipeuses forment encore une nappe continue sous-jacente à l'hypoderme; leur cytoplasme grenu et compact est dépourvu d'inclusions; enfin, un certain nombre d'entre elles présentent des divisions mitotiques. Or, Pérez a constaté que la prolifération des cellules adipeuses imaginales par division caryocinétique est terminée chez les pupes âgées de 15 à 17 jours. Il a vu également que chez les pupes de cet âge, les cellules adipeuses s'éloignent de l'hypoderme et commencent à se charger de gouttelettes grasses.

De même, Pérez, étudiant le développement des trachées de néoformation, a constaté que l'apparition de celles-ci est une des caractéristiques des premiers jours de la nymphose. C'est chez des pupes très jeunes : pupes blanches, pupes de 20 heures, que l'on observe les nids d'histoblastes imaginaux creusés de cavités qui deviendront des trachées de l'adulte. Or, j'ai représenté (*fig.* 1) un nid de ces histoblastes observé dans le thorax d'une Mouche microgastre à ailes défectueuses tuée trois jours après l'éclosion. Cette figure est à comparer à la figure CIX (p. 154) donnée par Pérez et qui correspond à une pupe de 20 heures.

L'existence de telles anomalies, décelables seulement par l'examen microscopique, est suffisante pour nous permettre de saisir le déterminisme qui règle l'apparition de Mouches microgastres à ailes défectueuses. En effet, on sait que le gonflement de l'abdomen ainsi que le déplissement des ailes ne se manifestent chez *C. erythrocephala* que quelque temps après l'éclosion. A ce moment, des contractions des muscles thoraciques et abdominaux refoulent le sang dans les ailes et, d'autre part, les trachées se rem-

plissent d'air. Or, il est de toute évidence que chez des imagos dont les trachées et d'autres organes sont en retard dans leur développement, dont les muscles présentent des altérations de structure, ce mécanisme ne peut

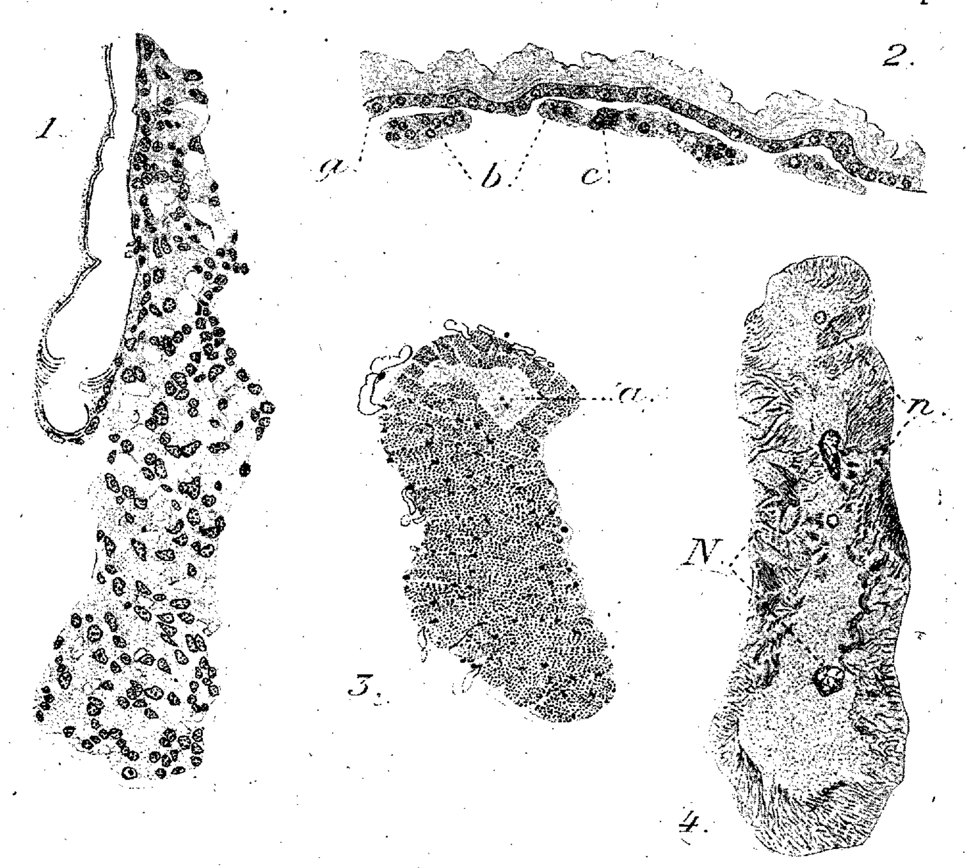


Fig. 1. — Nid d'histoblastes avec ébauches de trachées. Thorax d'une Mouche âgée de 3 jours. × 190.
Fig. 2. — Tissu adipeux imaginal de l'abdomen d'une Mouche âgée de 3 jours. × 190.
a, hypoderme; *b*, cellules adipeuses; *c*, œnocyte.
Fig. 3. — Coupe transversale d'une fibre d'un muscle vibrateur longitudinal. × 100.
a, plage cytoplasmique où la différenciation fibrillaire ne s'est pas faite.
Fig. 4. — Coupe légèrement oblique d'une fibre musculaire de l'abdomen. × 190.
N, noyaux larvaires; *n*, noyaux imaginaux.

jouer. Il en résulte que l'abdomen ne se dilate pas et que les ailes demeurent plissées.

Je terminerai cette étude préliminaire en signalant que j'ai observé des altérations de structure dans les fibres des vibrateurs longitudinaux chez une Mouche d'apparence normale, n'ayant pas subi l'action de la naphta-

line au stade pupe, mais qui est née de parents naphtalinés. Ces lésions musculaires sont de même ordre que celles qui existent chez les individus microgastres et la figure 3 représente en coupe transversale une des fibres altérées. Cette observation vient appuyer mes expériences relatives à l'étude de l'hérédité de l'intoxication naphtalinique. Elle nous montre que des individus normaux en apparence peuvent présenter des lésions microscopiques, et il est ainsi plus facile de comprendre qu'ils puissent donner dans leur descendance des Mouches malformées jusqu'au moment où un processus régulateur efface les modifications acquises.

ZOOLOGIE. — *Une nouvelle Écrevisse dans les eaux françaises.* Note de M. L. **Léger**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours d'une étude sur la répartition des Écrevisses en France, j'ai été informé que, depuis plusieurs années, de nombreuses et grosses Écrevisses se rencontraient dans le Cher au voisinage de Vierzon, alors que depuis fort longtemps, sinon de tout temps, on n'en avait pas observé. Le fait me parut doublement digne d'intérêt car, d'une part les Écrevisses, en France, sont actuellement partout en voie de régression; d'autre part ces Crustacés sont peu familiers aux rivières larges à fond sableux comme le Cher. C'est pourquoi je me suis rendu dans cette région, à la fin de l'été, en vue d'étudier sur place les sujets qui m'étaient signalés et de déterminer les conditions biologiques de leur existence.

Il me fut facile d'en recueillir de toutes tailles, et, à ma profonde surprise, je constatai qu'il s'agissait non point de l'une ou l'autre de nos Écrevisses, françaises, *Astacus* (= *Potamobius*) *fluviatilis* ou *pallipes*, mais d'Écrevisses appartenant au genre *Cambarus* propre à l'Amérique du Nord, versant atlantique, où il est représenté par de nombreuses espèces. On sait que le genre *Cambarus* est caractérisé avant tout par l'absence de pleurobranchie sur le dernier somite thoracique, l'orifice de la glande verte terminal, et divers caractères sexuels qui le différencient nettement de nos Écrevisses européennes. Tous ces caractères se retrouvent dans nos Écrevisses du Cher et l'espèce américaine qui nous paraît la plus voisine, sinon identique, est le *Cambarus affinis* Say. C'est aussi l'opinion de M. le professeur Gravier du Muséum qui a bien voulu contrôler nos spécimens.

Sur l'origine des *Cambarus* qui semblent bien avoir conquis droit de cité dans le Cher, on ne peut émettre que des hypothèses. Nous tenons

pour peu vraisemblable, bien que nous n'ayons pas le droit de la rejeter *a priori*, celle d'après laquelle ils seraient autochtones et restés jusqu'ici localisés en un ou plusieurs points ayant échappé aux zoologistes, puisque Joseph a signalé un *Cambarus*, le *C. stygius*, en Europe dans les grottes de la Carniole, et que d'autre part, un vieux pêcheur m'a affirmé qu'on prenait autrefois quelques grosses Écrevisses dans le Cher. Il semblera beaucoup plus simple d'admettre que ces Crustacés proviennent d'essais d'acclimatation tentés jadis. Nous en connaissons seulement deux : le premier est dû à von dem Borne qui, en 1893, plaça une centaine de ces Crustacés dans un étang à Brandebourg. A ma connaissance, on n'en a jamais plus entendu parler. En 1896, le regretté Raveret-Wattel essaya à son tour l'acclimatation des *Cambarus affinis* et *virile* dans son établissement de Fécamp. Mais les résultats furent si peu encourageants que l'auteur lui-même n'en a plus rien dit et n'en fait même pas mention dans son excellent Ouvrage de Pisciculture de 1914, où cependant il discute de l'importation d'une autre espèce, l'*Astacus leptodactylus*, qu'il considère avec raison comme peu recommandable.

Ainsi donc, les seuls essais d'acclimatation de *Cambarus* que nous connaissons sont restés sans échos. Ils datent d'une trentaine d'années, ont été effectués en des points sans relation fluviale directe avec la station actuelle, et si éloignés d'elle qu'il est plus logique de supposer qu'une main inconnue a, depuis cette époque, introduit directement ces Crustacés dans le bassin du Cher. Il reste toutefois bien surprenant qu'un tel essai n'ait pas été signalé, en raison de la difficulté de se procurer ces sujets qui n'arrivent pas sur nos marchés et dont le long transport est fort délicat.

Pour essayer de résoudre cette intéressante énigme, il nous faut étudier l'extension actuelle des *Cambarus* dans la France centrale en recherchant leur centre de dispersion. Cette étude que nous poursuivons actuellement révélera peut-être des stations de jalonnement inattendues.

Quoi qu'il en soit nous pouvons affirmer aujourd'hui que les *Cambarus* trouvent dans le Cher, et sur une étendue d'au moins 80^{km}, les meilleures conditions de vie et de multiplication. Dans cette partie, le Cher est une rivière de 40 à 60^{m} de large, à courant modéré régulier, entrecoupé de petits rapides, à fond de sable et à berges peu élevées, tantôt à pic en terrain d'alluvion, tantôt en pente douce et sableuse. Les Écrevisses se tiennent soit près des bords, sous les pierres anfractueuses ou dans les touffes de *Ranunculus flutans* en compagnie de belles crevettes Caridines, soit plus profondément, en pleine eau, dans les passes à cours ralenti de la rivière

entre les îlots de *Sparganium* où on les prend facilement dans les nasses, les filets, et même à la ligne.

Ce type de rivière à fond de sable qui correspond ichthyologiquement à la « zone à *Barbus* » est fréquent dans la France centrale et il n'héberge pas habituellement nos Écrevisses indigènes. Le fait qu'il est, au contraire, si propice aux *Cambarus* laisse espérer qu'on pourrait tirer un nouveau parti de ces eaux, au point de vue astacicole, sans porter atteinte à nos Écrevisses indigènes.

On sait que le prix excessif de l'*Astacus fluviatilis* a entraîné l'introduction sur les marchés français d'une espèce de bas prix, l'*A. leptodactylus*, dite Écrevisse de Galicie, de belle taille il est vrai, mais pâle à la cuisson et d'un goût peu engageant, pour ne pas dire nauséeux. Il faut bien nous garder d'en tenter l'acclimatation. Par contre, nos nouvelles Écrevisses du Cher, que nous avons vu atteindre 12 à 14^{cm}, prennent par la cuisson une belle couleur rouge sombre et leur chair fort appétissante, plus ferme et mieux fournie que celle de nos Écrevisses indigènes, a un goût fin qui rappelle celui de la Langouste.

A l'encontre de l'Écrevisse de Galicie et de certaines importations piscicoles américaines, dont l'introduction dans nos eaux est fort regrettable telles que la Perche-soleil et le Poisson-chat, le *Cambarus* du Cher mérite donc, croyons-nous, de retenir notre attention. Son extension qui nous paraît assurée, à condition de la tenter dans les rivières de même type biologique que celle où nous l'avons trouvée, ne pourra qu'accroître notre revenu aquicole d'un produit de qualité qui se raréfie de plus en plus chez nous, et le trop lourd tribut que nous payons à l'étranger, pour nos aliments de luxe, en sera d'autant allégé.

ZOOLOGIE. — *Sur l'apparition de la variation dans les conditions expérimentales chez les Rotifères du genre* Brachionus. Note de M. **P. de Beauchamp**, présentée par M. Ch. Gravier.

Chez beaucoup de Rotifères pourvus d'une carapace, il existe une variabilité considérable dans la longueur des épines qui garnissent celle-ci, ainsi que dans ses proportions, son ornementation, etc. Dans le genre *Brachionus* en particulier, ceci a donné lieu à une multiplication énorme des espèces qu'une réaction inverse (Rousselet, Harring, etc.) a ramenées ensuite à quelques grands types, avec des variétés reliées morphologiquement par

de nombreux intermédiaires. Du reste, dans ce genre, il n'a pas été possible jusqu'à présent de mettre en évidence la succession des formes au même point et leur dérivation mutuelle, la variation saisonnière en un mot, aussi nettement que dans le genre voisin *Anuraea* (Lauterborn, Krätzchmar, Hartmann, Olofsson, etc.). Succession d'ailleurs sur le détail et le mécanisme de laquelle ces auteurs ne s'entendent guère, et dont les rapports, avec la variation des conditions extérieures, la viscosité de l'eau en particulier si importante pour les organismes du plancton, sont loin d'être élucidés.

J'ai entrepris sur cette question, d'un grand intérêt tant au point de vue de la plasticité de la matière vivante et de l'origine de ses formes spécifiques, qu'à celui des rapports entre l'organisme et le milieu, des recherches expérimentales qui seront de longue haleine et dont je donne ici les premiers résultats. J'ai cherché à réaliser la culture dans des conditions rigoureusement définies, en ce qui concerne la nourriture en particulier, comme l'ont tenté Shull et Whitney dans leurs recherches sur l'apparition des mâles. Elle est compliquée par ce fait que les Rotifères de ce genre ont une nourriture assez étroitement spécifique et n'acceptent que certaines espèces de Flagellés qu'ils peuvent d'ailleurs trier au milieu d'autres.

J'ai employé jusqu'à présent, pour l'élevage d'une demi-douzaine d'espèces de Brachions (certaines depuis dix-huit mois), des cultures de *Polytoma uvella*, pures sauf les Bactéries, sur macération de fumier pasteurisée. Mais j'ai l'espoir de pouvoir sous peu travailler en milieu mieux défini et bactériologiquement pur, qui permettra l'étude sérieuse des effets de sa concentration, sa réaction chimique, etc., prématurée dans les conditions actuelles, et aussi d'employer d'autres espèces de Flagellés, incolores et colorées. J'ai pratiqué simultanément des élevages d'individus isolés en verre de montre qui ne permettent pas de conserver la totalité des lignées, et des cultures en masse dénombrées après fixation.

Je ne m'attacherai pour l'instant qu'aux résultats obtenus avec une forme qui correspond au *Brachionus cluniorbicularis* Skorikow, généralement considéré comme la forme ultime, sans épines latéro-inférieures, du *Br. Bakeri* Ehrbg. [*capsuliflorus* O. F. Müller], qui en a deux fort longues, et reliée à lui par des intermédiaires à épines courtes tels que *rhenanus* Lauterborn, *Entzii* Francé, *brevispinus* Ehrbg., etc. (je ne puis donner la bibliographie ici, on trouvera des figures dans *Süsswasserfauna Deutschland's*). Voici les résultats obtenus :

Le type *cluniorbicularis*, isolé dans la nature au printemps, peut être

cultivé indéfiniment dans les conditions ci-dessus sans se modifier dans l'ensemble des individus. Mais fréquemment apparaissent, dans les cultures, des exemplaires à épines inférieures courtes répondant aux types *rhenanus* et *Entzii*, souvent aussi des formes analogues asymétriques, à épines d'un seul côté. Elles sortent, quelles qu'elles soient, immédiatement de l'œuf d'un individu sans épines (le caractère ne se modifie pas avec l'âge). Il arrive que tous les œufs d'un non-épineux donnent des épineux, mais le plus souvent les deux s'entremêlent irrégulièrement.

Cette apparition s'observe avec prédilection dans certaines lignées et dans certains bacs de culture. Elle n'a pas de rapport forcé avec la température, comme le suggérerait le fait des variations saisonnières naturelles (des élevages à 19°-21°, 13°-15°, 5°-8° même, des mêmes lignées, donnent des prédominances dont le sens varie d'une expérience à l'autre), ni avec la nutrition, que j'avais d'abord incriminée en voyant des épineux, qui n'existaient pas dans la nature, apparaître en abondance dans mes premières cultures sur *Polytoma*. Mais ils se raréfièrent ensuite, et je crois beaucoup plutôt à présent à l'action d'un changement brusque dans les conditions d'élevage, dans la composition du milieu en particulier, pour déclencher la variation. En effet, j'ai constaté d'autres épidémies de variation analogues, après certains repiquages ou passages en verres de montre, tandis que dans les conditions normales sa proportion est insignifiante (¹).

ZOOLOGIE. — *L'essaimage de* Perinereis Marionii (*Aud. et Edwards*). *Le cycle évolutif de* Platynereis Dumerilii (*Aud. et Edwards*). Note (²) de M. R. **Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

Dans le but de contrôler et de compléter mes observations de marée (³) et aussi pour obtenir des points de comparaison avec les recherches de Fage

(¹) Plusieurs espèces différentes de Brachions (et de genres voisins) ont aussi des formes avec ou sans épines latéro-inférieures, ce qui paraît tenir à des facteurs mécaniques en rapport avec la structure, mal élucidée jusqu'à ce jour de la carapace des Brachions, comme je l'indiquerai à un autre endroit. C'est le cas notamment du *Br. pala* Ehrbg. (*Calyciflorus* Pallas) que je cultive également, et où l'on constate de la même façon l'apparition brusque d'individus à épines assez courtes (*Amphiceros* Ehrbg.) aux dépens des normaux. Mais j'ai essayé en vain de répéter l'expérience de Whitney, qui a obtenu des formes à épines beaucoup plus longues immédiatement par l'action du silicate de sodium ajouté aux cultures.

(²) Séance du 10 novembre 1924.

(³) Herpin, *Les périodes d'épitoquie de quelques Néréidiens et leurs relations avec les phases de la Lune* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 426).

et Legendre à Concarneau ([1]), j'ai entrepris cet été quelques pêches de nuit dans les environs de Cherbourg. La source lumineuse employée était une simple lanterne à pétrole.

La première pêche fut effectuée le 1er juillet, veille de la nouvelle lune, à l'effet d'observer l'essaimage de *Perinereis Marionii*, lequel, d'après mes observations antérieures ([2]), devait avoir lieu aux environs de cette phase lunaire. Vu l'habitat élevé de cette espèce et l'heure de la haute mer, la sortie ne pouvait avoir lieu qu'à la tombée de la nuit. Effectivement, vers 22^h15^m, nous apercevions la première *Heteronereis*. Vers 22^h30^m, de nombreux individus montent du fond, venant nager à la surface ou entre deux eaux : aucune émission de produits sexuels; ce n'est qu'au bout d'une heure que l'on commence à trouver des individus vides. La sortie des mâles semble précéder celle des femelles.

Le lendemain matin, tous les mâles capturés et conservés la nuit dans des Ulves émettent leurs spermatozoïdes dès qu'ils sont placés dans de l'eau de mer, alors que les femelles conservées de la même façon et introduites dans de l'eau de mer ne pondent pas. Il semble donc que chez *P. Marioni* l'émission des spermatozoïdes précède la ponte, et ce fait est en rapport avec l'existence d'une substance excitatrice sécrétée par la femelle mûre ([3]), probablement par ses œufs.

L'influence des produits sexuels sur la ponte et sur l'émission des spermatozoïdes a été également remarquée par Fage et Legendre chez *Platynereis Dumerilii* ([4]).

Plusieurs pêches de nuit effectuées aux environs du premier et du dernier quartier à l'effet d'observer l'essaimage de *Platynereis Dumerilii* ne donnèrent aucun résultat concernant cette espèce; il en fut de même d'une pêche effectuée avant l'aurore, le 9 août, lendemain du premier quartier. Je fus ainsi amené à douter de l'existence actuelle de la forme hétéronéréidienne à Cherbourg. L'examen du liquide de la cavité générale pratiqué sur de nombreux individus recueillis à mer basse dans les habitats

---

([1]) Fage et Legendre, *Rythmes lunaires de quelques Néréidiens* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 982).

([2]) *Loc. cit.*

([3]) Herpin, *Comparaison entre le comportement sexuel de quelques Néréidiens des côtes de la Manche* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 536).

([4]) Fage et Legendre, *Les danses nuptiales de quelques Néréidiens* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1150).

les plus variés me fit constater que tous étaient hermaphrodites protandriques.

Cette forme, découverte à San Remo par Metchnikoff (¹) qui l'a indiquée comme *vivipare*, n'a été signalée qu'un petit nombre de fois; Wistinghausen et Hempelmann ne l'ont pas revue. Fauvel (²) l'a observée à Bretteville, près Cherbourg. Caullery et Mesnil (³) l'ont rencontrée en abondance dans l'anse Saint-Martin, près le cap de la Hague; ils ont observé son hermaphrodisme protandrique et, comme Fauvel, ont constaté l'existence de larves dans son tube; ils la considèrent comme *ovipare*.

A première vue, on distingue deux sortes d'individus : les uns verdâtres et de petite taille renferment déjà des spermatozoïdes mûrs, accompagnés d'œufs de petite taille : je les désignerai sous le nom de mâles hermaphrodites. Les autres, beaucoup plus grands, sont de teinte jaune due à la présence de gros œufs riches en vitellus; quand ces œufs sont encore loin de la maturité, ils sont accompagnés d'un certain nombre de spermatozoïdes. A maturité, les éléments mâles sont devenus très rares ou peuvent même manquer : ces individus sont donc de véritables femelles. On s'explique ainsi que cette forme soit normalement ovipare, comme l'ont indiqué Caullery et Mesnil et comme je l'ai constaté moi-même. D'autre part, on conçoit qu'à titre exceptionnel il puisse se produire une autofécondation, suivie tout au moins d'un commencement de développement interne, ainsi que l'a constaté Metchnikoff. D'ordinaire, ces femelles, isolées dans un cristallisoir, meurent sans pondre. Si l'on y adjoint un mâle hermaphrodite, ce dernier pénètre dans le tube de la femelle; au bout de quelques heures, la ponte est faite, la femelle est sortie de son tube et *le mâle incube les œufs*. La femelle ne semble pas survivre longtemps à la ponte.

Il y a donc une analogie des plus grandes entre l'éthologie de *Pl. Dumerilii* hermaphrodite et celle de *Nereis caudata* (⁴). Quelques différences sont cependant à signaler : Chez *N. caudata* la fécondation est précédée

---

(¹) Claparède, *Annélides Chétopodes du golfe de Naples*, Supplément (*Mém. Soc. phys. de Genève*, vol. 20, 1870, p. 435).

(²) Fauvel, *Annélides polychètes recueillies à Cherbourg* (*Mém. Soc. Sc. nat. math. de Cherbourg*, t. 31, 1900, p. 307).

(³) Caullery et Mesnil, *Les formes épitoques et l'évolution des Cirrutiliens* (*Ann. Université de Lyon*, t. 39, 1898, p. 145); *Dimorphisme évolutif chez les Annélides polychètes* (*C. R. Soc. de Biol.*, t. 70, 1918, p. 707).

(⁴) Herpin, *Éthologie et développement de* Nereis caudata (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 542).

d'une très longue cohabitation du mâle et de la femelle, de sorte qu'à la période de reproduction, limitée aux mois d'été, on trouve à la mer de très nombreux couples. Au contraire, chez *Pl. Dumerilii*, la cohabitation ne dure que quelques heures et comme de plus la période de reproduction s'étend sur toute l'année, ce n'est que par hasard que l'on peut rencontrer un couple. *Nereis caudata*, qui a des œufs énormes (600^{μ}), ne survit qu'un jour ou deux à la ponte; *Pl. Dumerilii*, qui a les œufs moins gros (400^{μ}), survit quelques jours de plus et est même capable d'incuber les œufs, bien que normalement le mâle s'en charge.

En résumé, la forme hermaphrodite de *Pl. Dumerilii* développe ses produits sexuels avec une vitesse inégale. Jouant d'abord le rôle de mâle, elle s'accouple avec un individu plus âgé renfermant des œufs mûrs et incube les œufs pondus par ce dernier. Après la sortie des larves, le mâle incubateur, qui a perdu la plupart de ses spermatozoïdes, continue son développement pendant que ses œufs mûrissent; puis, jouant le rôle de femelle, pond des œufs qui seront fécondés par un jeune individu. Là s'arrête son évolution puisque sa survie ne dépasse pas quelques jours. Il ne saurait donc être question d'une transformation ultérieure en *Heteronereis*. Une conséquence de cette double maturité, d'abord comme mâle, puis comme femelle, est l'extension de la période de reproduction à la presque totalité de l'année.

Les larves se développent sans phase pélagique à peu près comme celles de *N. caudata*. A Cherbourg, il semble que toutes deviennent hermaphrodites et que la durée de la vie ne dépasse guère l'année. Mais il n'est pas impossible que, sous l'influence de certaines conditions extérieures, quelques larves puissent parfois évoluer en forme sexuée hétéronéréidiennes ; ainsi se trouverait expliqué le fait constaté par Fage et Legendre que *Pl. Dumerilii* se reproduit à l'état épitoque pendant la moitié de l'année, alors que les autres Néréidiens ont une période de reproduction des plus limitées.

PROTISTOLOGIE. — *Les caractères cytoplasmiques de la sexualité dans les Grégarines.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

L'anisogamie de *Nina gracilis* Greb. est assez précoce. Elle se manifeste dans le cytoplasme du deutomérite des céphalins encore jeunes (taille moyenne 100^{μ}). On distingue, parmi ces céphalins, deux types : 1° un

type A dont le chondriome a peu d'affinité pour les colorants, il est oxyphile; 2° un type B à chondriome nettement basophile dont les chondriocontes et chondriomites, quoique très fins, sont cependant légèrement plus épais que ceux du type A ; ils sont en outre un peu plus nombreux. Ces deux caractères contribuent à donner l'impression d'alvéoles cytoplasmiques légèrement plus petites dans le type B.

Ces différences se retrouvent plus nettes dans les céphalins plus âgés et dans les sporadins. On reconnaît alors que le chondriome basophile de B est plus riche en phosphore et plus réducteur, il fixe l'argent plus fortement que le chondriome de A. Le cytoplasme B prend le bleu de méthylène. Celui de A retient l'éosine, il est plus riche en paraglycogène. L'oxyphilie du chondriome A n'est pas constante en tous les points du cytoplasme pendant la croissance. Dans les céphalins âgés A et dans les sporadins A, on trouve, par plages limitées, un chondriome oxyphile qui fixe légèrement les colorants basiques. Ces plages amphophiles de A ne peuvent être confondues avec un chondriome B dont les affinités basophiles sont toujours nettes.

L'accouplement se fait entre une Grégarine A et une Grégarine B, et l'on retrouve dans le kyste, aux premières phases du développement, les différences cytoplasmiques décrites. On peut alors fixer le sexe (1) : A est ♀, B est ♂. Le ♂ est plus riche en éléments de Golgi que la ♀.

Les résultats obtenus dans l'étude de *Stylorhynchus longicollis* Stein concordent avec ceux décrits pour *Nina*. On distingue, parmi les *Stylorhynchus*, des Grégarines à chondriome basophile dont les chondriomites et chondriocontes, plus nombreux, contribuent à donner l'aspect d'une trame alvéolaire un peu plus serrée, ce sont les ♂?. Les ♀?, à alvéoles plus grandes, ont des sphérules de paraglycogène plus grosses, jusqu'à $2^{\mu},5$; celles du ♂ atteignent rarement 2^{μ}. Les réserves albuminoïdes ♀ sont également de plus grande taille. Cependant, ici, l'oxyphilie de la ♀ est faible, son chondriome est amphophile. L'anisogamie est moins prononcée que celle de *Nina;* toutefois, elle se manifeste aussi par la plus grande abondance des éléments de Golgi dans le ♂. Si l'on rapproche ces résultats de ceux indiqués pour les Grégarines parasites du *Tenebrio molitor* (2), on voit que les satellites de *G. polymorpha* présentent les caractères d'un ♂ et les primites, les caractères d'une ♀.

Les Grégarines étudiées appartenant à des groupes assez différents, les caractères de sexualisation du cytoplasme qui leur sont communs sont très probalement des caractères généraux : « La Grégarine ♂ se distingue par

un chondriome basophile, phosphoré, réducteur, à éléments plus nombreux et légèrement plus épais; son cytoplasme est plus riche en éléments de Golgi et moins riche en paraglycogène (sphérules plus petites ou moins nombreuses). » Quoique les gamontes des Coccidies n'aient pas l'équivalence morphologique des Grégarines qui s'accouplent, il faut noter que dans *Adelina dimidiata*, au stade de rapprochement des gamontes, le ♂ a un chondriome plus basophile que celui de la ♀.

L'anisogamie de *Nina gracilis* se manifeste aussi par une différence dans l'évolution des réserves albuminoïdes. Ces réserves, à affinités oxychromatiques, de taille moyenne $0^{\mu},5$, sont accolées à des calottes mitochondriales et uniformément répandues dans le cytoplasme. Dans les grands céphalins et les sporadins, une partie des réserves grossit et évolue différemment suivant le sexe. Dans le ♂, elle donne des masses albuminoïdes basichromatiques, répandues dans tout le cytoplasme. Leur taille peut atteindre $1^{\mu},5$. Leur forme est irrégulière mais avec une tendance à devenir sphérique quand la taille augmente. On les retrouve après l'enkystement, ce sont les sphérules colorées en bleu par le Mallory que Léger et Duboscq ont décrites comme caractéristiques du ♂ au stade II (¹).

Dans les grands céphalins et les sporadins ♀, la partie des réserves albuminoïdes qui va grossir conservera les affinités oxychromatiques. Les masses qui résultent de ce développement sont ovoïdes ou circulaires, très irrégulièrement réparties dans le cytoplasme, moins nombreuses que les albuminoïdes basichromatiques du ♂ mais de plus grande taille (2^{μ}, parfois jusqu'à 4^{μ}). Tandis que les albuminoïdes non évolués sont colorés en rouge par le procédé d'Altmann (fuchsine), ces masses se colorent en jaune; c'est là un caractère du vitellus. D'autres caractères les rapprochant du vitellus, je les appellerai réserves vitelloïdes. Ces réserves évoluent en s'imprégnant de graisse neutre. Elles sont logées dans des vacuoles qu'elles ne remplissent pas toujours. Leur maximum de développement est atteint au stade IV de l'évolution du kyste (²); elles sont alors fortement imprégnées de graisse et la masse de paraglycogène du cytoplasme a diminué. Plns tard, les réserves vitelloïdes diminuent de taille dans les vacuoles et le paraglycogène redevient plus abondant. Au moment de la genèse des

(¹) L. Léger et O. Duboscq, *Étude sur la sexualité chez les Grégarines* (*Arch. f. Prot.*, t. 17, 1909, p. 19).

(²) Ph. Joyet-Lavergne, *Sur quelques caractères cytoplasmiques de l'anisogamie* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 40, 1924, p. 1220).

œufs, chaque noyau ♀ est accolé à une vacuole subsphérique amincie du côté du noyau, le pôle vacuolaire opposé au noyau est bordé par 5 ou 6 sphérules de paraglycogène. La vacuole prend peu à peu la forme ovoïde en s'allongeant suivant l'axe des pôles.

Des sphérules de paraglycogène se portent aux extrémités du petit axe de l'ovoïde et un cloisonnement de la vacuole s'effectue suivant cet axe. Un deuxième cloisonnement parallèle au premier divise ensuite la vacuole en trois, puis le cloisonnement continue jusqu'à réaliser l'aspect alvéolaire de l'œuf mûr.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la représentation de la composition chimique de la matière vivante.* Note de M. **W. Vernadsky.**

Les analyses chimiques ne nous donnent pas directement la composition réelle des corps naturels; pour l'obtenir, des calculs sont nécessaires.

Par une habitude, liée aux représentations chimiques d'il y a cent ans, on exprime généralement les données d'analyses en pourcentages des oxydes (en poids).

Cela donne une représentation suffisante de la composition des *roches terrestres éruptives et métamorphiques* et d'un grand nombre des *minéraux oxygénés*. On y introduit cependant des corrections en cas de présence de quantités quelque peu sensibles d'haloïdes (Cl et F).

Cependant pour les *roches sédimentaires,* riches en matières organiques, des représentations pareilles nous donnent une idée assez fausse de leur composition chimique réelle. Pour *les sols, les sous-sols et les boues des bassins aquatiques*, elle est encore plus insuffisante et entrave réellement le progrès de la chimie de ces parties importantes de la biosphère.

Il existe cependant d'autres modes de représentation des données d'analyses. Pour les *eaux naturelles* — après beaucoup de tâtonnements — on est arrivé aux représentations en pourcentages des ions (en poids). On y introduit des corrections pour les corps qui s'y trouvent en pseudo-solution colloïdale (par exemple la silice). Il est certain que ce n'est qu'ainsi que l'on parvient à comprendre les phénomènes naturels hydrochimiques.

Depuis longtemps on représente la composition des *météorites* et des *minéraux non oxygénés* en pourcentages des éléments chimiques (en poids). Cette représentation est devenue courante en *géochimie* pour les roches et les parties du Globe.

En 1902 W. Ackroyd ([1]) a indiqué les avantages pour quelques problèmes d'exprimer la composition chimique du *globe terrestre* en pourcentages des atomes des différents éléments chimiques. A. Fersman ([2]) en 1912 a publié un nouveau calcul selon ce principe de la composition chimique de l'*écorce terrestre* et en a démontré l'intérêt géochimique. Depuis les progrès récents de la physique des atomes, ce mode de représenter la composition des corps naturels devient de plus en plus courant en géochimie ([3]).

On représente la composition chimique de la *matière vivante* ([4]) et des *organismes vivants* de deux manières différentes. Généralement on indique les pourcentages de la perte à 100°-125° C. (on les considère comme correspondant à l'eau) et des oxydes des cendres, en négligeant souvent de désigner le rapport de ces derniers au poids de l'organisme vivant. On indique quelquefois encore les pourcentages, en relation avec la matière sèche, des éléments de la partie organique — H, N, S et quelquefois P.

Plus rarement on indique les pourcentages des éléments chimiques en poids par rapport à l'organisme vivant. C'est seulement cette dernière représentation qui peut nous donner des idées justes sur la composition de la matière vivante. Malheureusement les analyses chimiques exécutées à ce point de vue sont très rares ([5]).

Cependant on peut représenter la composition chimique de la matière vivante et des organismes vivants de différentes manières ([6]) dont *deux* semblent avoir de l'importance à l'heure présente ([7]). On peut la représenter ou en pourcentages des éléments chimiques (en poids) qui existent dans l'organisme vivant ou en pourcentages de leurs atomes dans cet organisme ([8]).

([1]) W. Ackroyd, *Chem. News*, t. 86, 1902, p. 188.

([2]) A. Fersman, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1912, p. 367.

([3]) Développements nouveaux pour le globe terrestre. — F. Aston, *Nature*, t. 113, 1924, p. 393.

([4]) W. Vernadsky, *La géochimie*, 1924, p. 54 (Alcan).

([5]) W. Vernadsky, *Revue générale des Sciences*, t. 34, 1923, p. 46; *La géochimie*, 1924, p. 287. — W. Ssadikow et A. Winogradow, *Biochem. Zeitschr.*, t. 150, 1924, p. 370.

([6]) On peut la représenter encore en pourcentages des nombres des électrons des éléments chimiques en général ou en leur relation avec les valences existantes dans la matière vivante.

([7]) Cf. W. Ssadikow et S. Winogradow, *loc. cit.*, 1924, p. 390-391.

([8]) Pour obtenir leur nombre on ne prend pas en considération les isotopes et ne considère que le poids atomique des éléments de l'écorce terrestre; on ne peut pas faire autrement, car nos connaissances sur les isotopes dans les organismes sont nulles.

Je donne ici comme exemple les calculs qui se rapportent à deux cas assez extrêmes de la matière vivante : la composition de l'*homme adulte* (¹) et celle d'une graine de la graminée *Lolium emulentum* (²).

L'homme adulte (³).

	Pour 100 (en poids).			Pour 100 (en atomes).	
O....	65,04	(62,81)	H....	62,990	(60,796)
C....	18,25	(19,37)	O....	25,478	(25,635)
H....	10,05	(9,31)	C....	9,532	(10,536)
N....	3,15	(5,14)	N....	1,409	(2,397)
Ca...	1,40	(1,38)	Ca...	0,224	(0,225)
P....	0,80	(0,63)	P....	0,161	(0,132)
K....	0,27	(0,22)	Na...	0,070	(0,073)
Na...	0,26	(0,26)	Cl...	0,043	(0,029)
Cl...	0,25	(0,18)	K....	0,042	(0,037)
S....	0,21	(0,64)	S....	0,039	(0,128)
Mg...	0,04	(0,04)	Mg...	0,010	(0,010)
Fe...	0,02	(0,005)	Fe...	0,002	(0,001)
H....	"	(0,007)	H....	"	(0,001)
	99,74	(99,992)		100,00	(100,00)
	0,26 (autres éléments)				

Graines de Lolium.

	P. 100 (en poids).		P. 100 (en atomes).
O....	50,68	H....	48,05
C....	38,93	C....	22,10
H....	7,05	O....	21,59
N....	1,10	N....	5,34
K....	0,55	K....	0,95
Si....	0,32	Si....	0,77
P....	0,20	P....	0,44
Mg...	0,13	Mg...	0,36
Ca...	0,10	Na...	0,17
Na...	0,058	Cl....	0,17
Fe (⁴).	0,025	Fe (⁴).	0,03[illegible]
Cl...	0,003	Cl....	0,006
S....	0,002	S....	0,004

Ces exemples indiquent clairement que l'importance du même élément chimique se manifeste d'une façon différente selon la manière dont on représente les analyses chimiques.

Dans l'histoire terrestre des éléments chimiques — en géochimie — on doit prendre toujours en considération, comme on commence à le faire, non seulement leur masse, mais aussi la quantité de leurs atomes.

Probablement ce point de vue doit avoir la même importance en biologie.

(¹) A. VOLKMANN, *Berichte d. Sächs. Ges. d. Wiss. Math. Phys. ch.*, t. 26, 1874, p. 202. — C. BOUCHARD, *Comptes rendus*, t. 124, 1897, p. 844. — G. BERTRAND, *Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire*, t. 8, 1920, p. 49. — W. VERNADSKY, *Revue générale des Sciences*, t. 34, 1923, p. 46.

(²) RAMDOHR, *Archiv. f. Pharm.*, t. 136, 1856, p. 20. Cette analyse ancienne est une des rares analyses complètes. Les nombres pour le soufre et l'azote semblent trop bas.

(³) Les nombres entre parenthèses sont ceux de G. Bertrand.

(⁴) Contient l'aluminium.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le métabolisme des purines dans le diabète insipide.* Note de M[lle] **Eliane Le Breton** et de M. **Charles Kayser**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours de recherches sur le métabolisme des purines, nous avons été amenés à déterminer quantitativement dans l'urine de malades atteints de diabète insipide les bases puriques totales, l'acide urique, les bases puriques autres que l'acide urique.

Dans l'ensemble, nos résultats sont en accord avec ceux que Jean Camus et J.-J. Gournay ont obtenus dans le cas de diabète insipide expérimental chez le chien. Nous publierons ici un cas typique observé sur l'homme.

Il s'agit d'un malade hospitalisé dans le service de M. Merklen à l'Hôpital civil de Strasbourg, à la suite d'un choc émotif (accident de chemin de fer). L'interrogatoire et l'examen révèlent une polyurie et une polydipsie très nettes.

Quatre jours avant la récolte des urines, et pendant la période où elles sont recueillies, le malade est soumis à un régime lacto-végétarien pauvre en purines afin d'éliminer au maximum l'apport des purines alimentaires.

Les chiffres d'azote ont été transformés en acide urique d'une part et arbitrairement en hypoxanthine pour les bases autres que l'acide urique d'autre part.

Les résultats exprimés dans le tableau ci-dessous se rapportent à l'urine des 24 heures.

Dates. — 1924.	Volume urinaire.	Quantité d'acide urique.	Quantité de bases puriques en milligr. d'hypoxanthine.	Bases puriques totales.	Rapport acide urique / bases puriques
		mg	mg	mg	
15 avril......	5,500	285,4	84,1	369,50	3,4
16 »	3,500	284,6	52,0	336,61	5,5
17 »	1,700	234,6	35,79	270,30	6,6
2 mai.......	5,400	694,9	105,3	800,2	6,6
3 »	3,700	507,9	47,1	555	11
5 »	4,700	345,4	42,3	387,7	8,1
20 »	3,900	524,1	111	635,1	4,72
21 »	6,600	321,7	211,8	533,5	1,51
22 »	7,300	267,8	269,1	536,9	0,99
23 »	5,800	304,5	181,2	485,7	1,67

On voit, d'après ces chiffres, que :

1° Dans une même série, la polyurie et la quantité de bases puriques autres que l'acide urique varient parallèlement;

2° Plus la polyurie est intense, plus le rapport $\frac{\text{acide urique}}{\text{hypoxanthine}}$ est petit, c'est-à-dire que la quantité de bases puriques éliminées augmente par rapport à l'acide urique. La troisième série est particulièrement démonstrative à cet égard, puisque le 22 mai, avec un volume urinaire de 7,300, la quantité de bases puriques est plus élevée que la quantité d'acide urique.

PHYSIOLOGIE. — *Croissance et entretien du Rat soumis à un régime artificiel privé à la fois de facteur B et de glucides.* Note de Mme L. **Randoin** et de M. H. **Simonnet**, présentée par M. F. Henneguy.

Au cours d'expériences récentes, nous avons obtenu l'entretien du Pigeon adulte au moyen d'un régime dépourvu à la fois de facteur B et de glucides (¹). Un tel régime assure-t-il également l'entretien d'un Mammifère ? En assure-t-il aussi la croissance ? Les recherches suivantes nous permettent de formuler déjà quelques conclusions relatives à ces questions.

Technique. — Nous avons employé les deux régimes artificiels (privés de facteur B) indiqués ci-dessous et deux autres qui ne diffèrent de ceux-là que par la présence de facteur B (2 pour 100 de levure de bière sèche).

Régime avec glucides :		*Régime sans glucides :*	
Fibrine purifiée..........	6	Fibrine purifiée..........	20
Caséine purifiée..........	6	Caséine purifiée..........	20
Blanc d'œuf purifié.......	6	Blanc d'œuf purifié.......	20
Graisse de beurre........	10	Graisse de beurre........	18
Saccharose..............	68	Huile d'arachides.........	18
Mélange de sels..........	4	Mélange de sels..........	4
Papier filtre.............	(à volonté)	Papier filtre.............	(à volonté)

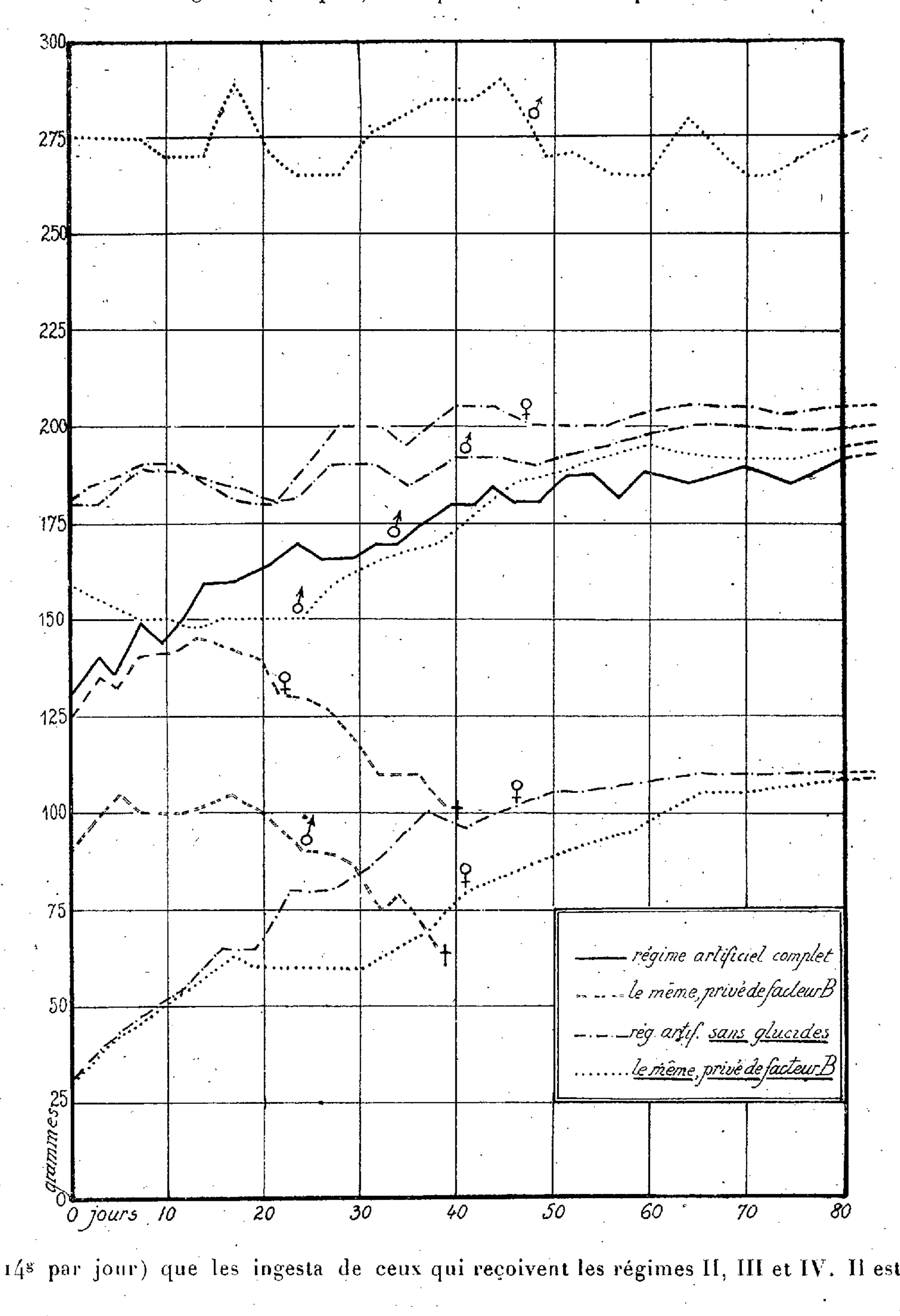
A nos quatre régimes différents, nous avons soumis, pendant six mois, des Rats adultes, d'une part; des Rats en voie de croissance, d'autre part.

I. Régime avec glucides + facteur B : *régime artificiel complet.*
II. Régime avec glucides, sans facteur B.
III. Régime sans glucides + facteur B.
IV. *Régime sans glucides et sans facteur B.*

Les animaux se sont alimentés à volonté et l'on constate que les ingesta de ceux qui

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 700.

sont soumis au régime I (complet) sont plus constants et plus abondants (environ



14g par jour) que les ingesta de ceux qui reçoivent les régimes II, III et IV. Il est

possible que, pour ces derniers individus, certaines formes de sous-alimentation puissent être mises en cause.

Résultats généraux. — *Entretien.* — Les sujets en expérience (mâles de 250 à 300^g) se comportent comme les Pigeons adultes soumis à des régimes analogues.

Régimes I, III et IV (1re *courbe du graphique*) : maintien du poids et du degré normal de température.

Régime II (*privé de facteur B, mais renfermant des glucides*) : chute de poids, chute de température, mort vers la 6^e semaine.

Croissance. — I. *Régime artificiel complet :* croissance normale.

II. *Régime avec glucides, sans facteur B :* croissance d'abord normale, puis arrêt, suivi d'une baisse de poids et de température, enfin crises et mort vers le 40^e jour (voir *courbes pondérales*).

III. *Régime sans glucides, avec facteur B :* croissance d'abord régulière, puis ralentissement et maintien en équilibre au-dessous du poids normal. Si Osborne et Mendel [1], avec des régimes comparables à celui-ci, obtiennent la croissance du Rat jusqu'à 250^g, c'est vraisemblablement parce que leurs animaux, au début de l'expérience, étaient plus âgés que les nôtres (ceux-ci pesaient 30^g environ).

IV. *Régime sans glucides et sans facteur B :* nos courbes indiquent que, par opposition au régime II, la suppression de facteur B ne détermine pas la mort de l'animal, lequel se comporte exactement comme avec le régime précédent.

Conclusions. — Une *ration normale*, contenant par conséquent des glucides, ne peut assurer l'entretien et *permettre la croissance* que si elle renferme une quantité de facteur B proportionnée à la quantité de glucides présents. Dans une ration dite *complète*, l'équilibre alimentaire est donc troublé si l'un des principes nutritifs se trouve en excès par rapport à un autre (fondamental) qui assure son utilisation ou qui lui permet de jouer son rôle.

Dépourvue de glucides, une ration peut alors être privée de facteur B sans que la mort survienne (au moins pendant six mois pour le Rat). Si l'animal est *en voie de croissance*, son organisme arrive même à se développer normalement pendant un temps assez long. Pour expliquer le ralentissement et l'arrêt de la croissance qui se produisent ensuite, nous ne pouvons, dans

---

(1) *Journ. Biol. Chem.*, t. 59, 1924, p. 13.

l'état actuel de nos recherches, faire la part de l'absence de glucides, celle de l'absence de facteur B, celle enfin de la sous-alimentation.

Mais nous pouvons affirmer que, même pour des animaux en voie de croissance, un « équilibre alimentaire de résistance » peut être réalisé dans une ration dite *incomplète*, où, l'un des principes fondamentaux faisant défaut, un autre principe, à qui le premier est indispensable, manque également ou est supprimé. Il nous paraît intéressant de savoir si, dans ces conditions, l'arrêt de la croissance que nous avons enregistré est définitif, ou si, au contraire, la croissance peut reprendre après retour à un régime normal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le retour d'une Némerte* Lineus lacteus *en inanition à un état embryonnaire.* Note (¹) de M. C. **Dawydoff**, présentée par M. F. Mesnil.

On peut dire que, depuis les recherches de M. Caullery (²) sur les phénomènes de régression des Ascidies, mûrissait en biologie l'idée de la réversibilité des processus du développement. Sous sa forme concrète ce problème a été posé par E. Schultz (³). Ce sont surtout les expériences de Schultz sur les Planaires et les Hydres qui ont fourni l'idée que, sous l'influence de l'inanition, l'organisme adulte peut revenir à son état embryonnaire, en passant, au cours de cette réduction, par la série d'étapes de son ontogenèse normale, mais dans l'ordre inverse. Tout en acceptant théoriquement les idées de Schultz, certains biologistes se refusent néanmoins à accorder une valeur décisive à ses expériences sur les Planaires et sur l'Hydre. Chez les premières, la réduction n'a été que partielle. La structure normale de la seconde ne se distingue pas assez nettement d'états embryonnaires. Avec des animaux plus différenciés (Mollusques, Échinodermes), les résultats ont été négatifs. La comparaison avec un stade embryonnaire des réductions classiques obtenues par Driesch (⁴) et Schultz (⁵) sur la claveline reste très discutable.

(¹) Séance du 17 novembre 1924.
(²) *Bull. Scient. France. Belgique*, t. 27, 1895, p. 1-128.
(³) *Arch. Entwicklungsmech.*, vol. 18, 1904, p. 555-578; vol. 22, 1906, p. 703.
(⁴) *Ibid.*, vol. 14, 1902, p. 247-287; vol. 21, 1905, p. 3.
(⁵) *Ibid.*, vol. 24, 1907, p. 503.

Ayant abordé, dès 1909, le problème de la réduction, j'ai fixé mon attention finalement sur les Némertes. C'est dans ce groupe que j'ai trouvé (1) en 1910, parallèlement avec Nusbaum et Oxner (2), une plasticité vraiment étonnante de l'organisation, dont dépend, sans doute, la restitution, remarquable chez certains *Lineus* et *Cephalothrix*

En tenant compte de ce que la base des phénomènes de réduction et de restitution réside dans le pouvoir de rajeunissement, ou de différenciation des éléments cellulaires (que nous observons chez *Lineus* et *Cephalothrix*), j'étais en droit de penser que sur ce matériel je trouverais une tendance à la réduction, accentuée au plus haut degré. J'ai choisi, pour mes expériences, *Lineus lacteus* Gr., très abondant dans la baie de Sébastopol. Je ne m'étais pas trompé. Pendant les dix années que j'ai consacrées à l'étude de cette question, j'ai pu me convaincre que, parmi toutes les Némertes, à ma connaissance du moins, c'est *L. lacteus* de la mer Noire qui possède la plasticité d'organisation la plus développée et (ce qui a une grande importance dans les expériences de ce genre) une absence d'exigences vraiment étonnante.

Après une longue série d'échecs, dus à des difficultés purement techniques, toujours difficiles à prévoir, j'obtins des résultats positifs.

Dans mes expériences, je réunis deux méthodes : 1° le jeûne; je fais passer les Némertes à l'état d'inanition directe, en les privant de substances nutritives; 2° d'autre part, j'emploie la méthode la plus sûre de réduction, celle de la régénération au cours de laquelle l'organisme subit toujours l'inanition. Ainsi, je commence par l'amputation de la région céphalique. Je coupe, chez la Némerte adulte, la tête entre le cerveau et la bouche, immédiatement en arrière des organes cérébraux. On sait que de semblables fragments céphaliques de cette Némerte ($1^{mm},5$-2^{mm} de longueur), entièrement privés de tube digestif (c'est-à-dire de toute trace d'entoderme), se transforment facilement, par morphallaxis compliquée, en de petites Némertes, munies de tous les organes (sauf les gonades), y compris le tube digestif, qui se reconstitue aux dépens des éléments du mésoderme [Davydoff (1) et (2), Nusbaum et Oxner (3)].

Ce sont ces Némertes en miniature, qui ont déjà subi une réduction considérable au cours de leur restitution morphallaxique, que je place maintenant

(1) *Bull. Acad. Sciences Saint-Pétersbourg*, 6e série, 1910, p. 1016; *Zool. Anz.*, vol. 36, 1910, p. 1-6.

(2) *Zool. Anz.*, vol. 37, 1911, p. 302-315; *Arch. Entw. Mech.*, vol. 35, 1912, p. 236.

(3) *Travaux Lab. Zool. et Stat. Biol. Sébastopol*, 2e série, n° 1, 1915, p. 1-290 (en russe).

dans un cristallisoir rempli d'eau de mer filtrée (sur papier) et insuffisamment aérée. Grâce à diverses précautions, qu'il faut toujours chercher empiriquement suivant les circonstances et les goûts des animaux expérimentés, j'ai réussi à en conserver vivantes pendant 18 mois; dans deux cas, même, j'eus la chance de prolonger mon expérience pendant 27 mois. En définitive, on peut admettre qu'au bout d'un an environ, les Némertes en inanition qui survivent (3-4 pour 100) subissent une réduction remarquable. Au fur et à mesure qu'elles se réduisent, elles s'amincissent, en conservant toujours les proportions normales de leurs parties. En même temps, en diminuant de taille, elles subissent graduellement une simplification remarquable de leur organisation. Sans entrer dans les détails, je me borne à remarquer que cette simplification consiste en un vrai retour de tous les organes à l'état embryonnaire, suivi d'une résorption de tout ce qui constitue la différence entre l'organisation de l'adulte et celle de l'embryon. En définitive, mes Némertes minuscules, à peine visibles à l'œil nu, étudiées vers la fin de 18 mois d'inanition, ne se distinguent en rien des embryons. Je les ai comparées avec de vrais embryons de *L. lacteus*, inclus encore dans le *pilidium* et n'ai jamais pu trouver aucune différence. Ils étaient absolument identiques : égalité de taille, caractère strictement embryonnaire de tous les organes présents et, point essentiel, en se réduisant, les Némertes en inanition ont acquis des caractères spécifiques de l'embryon normal de *L. lacteus*. Toute la musculature, si compliquée du *Lineus* adulte, a complètement disparu; de même, tout le parenchyme et le tissu sous-cutané. Tous ces organes et tissus sont remplacés par des éléments isolés, d'aspect mésenchymateux, purement embryonnaires.

Le tube digestif est dépourvu d'anus, ce qui est bien caractéristique pour l'embryon. Le système nerveux attire aussi l'attention par son caractère embryonnaire, notamment par les dimensions énormes du cerveau, comparativement à celles des autres organes, et par la position véritablement primitive des cordons nerveux latéraux, placés maintenant (après la disparition des muscles) immédiatement sous l'ectoderme. Deux sacs cœlomiques bien développés et placés symétriquement, des deux côtés du tube digestif, donnent à la Némerte réduite une ressemblance frappante avec l'embryon inclus dans le pilidium. En somme, nous voyons que le retour de la Némerte adulte à son état embryonnaire est dans nos expériences un fait accompli.

Quand on a la chance de prolonger l'expérience, on obtient alors des résultats encore plus importants.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Les mouches ne jouent pas de rôle dans la dissémination de la fièvre aphteuse.* Note de M. C. Lebailly, présentée par M. Roux.

L'opinion publique attribue un rôle important aux mouches dans la dissémination de la fièvre aphteuse; elle se trouve d'accord en cela avec quelques auteurs.

Les bovidés atteints de la maladie sont environnés, pendant la saison chaude, d'une nuée de mouches qui se posent avec ténacité sur les ulcérations mises à nu par la rupture des aphtes. Elles se nourrissent des liquides de ces plaies et souillent en même temps leurs pattes et leur corps. Les mouvements incessants de l'hôte importuné qui les chasse sont tout à fait favorables à l'établissement d'un va-et-vient entre les animaux malades et leurs voisins plus ou moins proches. Tout observateur pensera que les mouches se chargent de virus au contact des malades et vont infecter les indemnes. J'ai essayé de me rendre compte expérimentalement si cette contamination était possible et dans quelles conditions.

On sait [1] que les animaux, pendant la période d'incubation, en l'absence de tout symptôme extérieur, sont capables de donner la maladie; on sait aussi qu'ils restent contagieux pendant les quatre jours qui suivent l'apparition des aphtes.

Au delà de cette période, ils sont incapables, comme je l'ai démontré, de transmettre la fièvre aphteuse même par contact direct et cohabitation dans la même étable.

Il était à penser que le rôle des mouches serait nul à ce stade et il importait surtout d'opérer au début de l'infection.

Voici le résumé de mes expériences :

On choisit deux étables antiques séparées par une cloison au milieu de laquelle, à $1^{m},70$ au-dessus du sol, on pratique une petite ouverture de 8×12^{cm}, qui établit entre elles une communication directe. Chaque étable ne communique avec l'extérieur que par une vaste porte à deux panneaux pleins superposés, s'ouvrant au dehors, dont l'inférieur restait toujours fermé, sauf pour les nécessités du pansage. Le supérieur était

(1) C. Lebailly, *La durée de la période contagieuse dans la fièvre aphteuse* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1580).

toujours ouvert, mais, dans l'espace qu'il pouvait clore, était fixé un cadre tendu de toile métallique, aux mailles de 2^{mm}. La cheminée d'aération de chaque étable était obturée par un grillage semblable. Dans une des étables, on faisait pénétrer deux bovins qui servaient de témoins; dans l'autre, celui qui était soumis à l'inoculation de virus aphteux. En plus de celles qui s'y trouvaient déjà, on introduisait dans les deux étables de très nombreuses mouches capturées au filet [*Muscina* (*Cyrtoneura*) *stabulans* Fallen; *Musca domestica* L.]. Le bovin isolé recevait une inoculation de virus aphteux, et, dès le début de l'expérience, on facilitait le va-et-vient des mouches d'une étable dans l'autre en fermant alternativement le panneau plein de la moitié supérieure de chaque porte; de l'étable obscure, on voyait s'échapper par la petite ouverture de la cloison les mouches qui pénétraient dans l'étable restée éclairée.

On établissait ainsi, plusieurs fois par jour, une circulation en quelque sorte forcée qui s'ajoutait aux promenades volontaires exécutées par les insectes et augmentait ainsi les risques de contamination. Cette expérience, d'une durée de 15 jours, a été répétée cinq fois pendant les mois de juin, juillet, août et septembre 1923. Soit, au total, cinq bovins atteints de fièvre aphteuse et dix témoins. Le virus employé provenait de cas spontanés de la région de Caen.

Expérience I. — Bœuf **1**, contaminé par inoculation de 10^{cm^3} de sang aphteux dans les muscles de l'épaule. Témoins **2** et **3**. Début de l'élévation thermique le troisième jour. Aphtes des narines, de la bouche et de deux espaces interdigités. Les témoins **2** et **3** sont restés indemnes; ils ont été éprouvés dans la suite et ont fait la maladie classique.

Expérience II. — Génisse **4**, contaminée par une inoculation sous-cutanée de 10^{cm^3} de virus sous la peau de l'épaule. Début de la maladie vers la 70ᵉ heure. Éruption aphteuse abondante du mufle, aphtes des espaces interdigités d'un membre antérieur et d'un membre postérieur. Les témoins **5** et **6** sont restés indemnes. Éprouvés ultérieurement, ils ont fait une maladie d'évolution habituelle.

Expérience III. — Génisse **7**, contaminée par inoculation de 10^{cm^3} de sang virulent sous la peau avec, pour témoins, les bovins **8** et **9**.

Expérience IV. — Bœuf **10**, inoculé dans les muscles, témoins **11** et **12**.

Expérience V. — Bœuf **13**, inoculé dans les muscles, témoins **2** et **3** de l'expérience I.

Les animaux **7**, **10** et **13** ont fait la fièvre aphteuse classique avec éruption discrète pour le nº **13**. Les témoins **8**, **9**, **11**, **12**, **2**, **3**, sont restés indemnes, et ont réagi positivement à l'inoculation d'épreuve pratiquée un mois plus tard.

Tous ces animaux, malades et témoins, ont été soignés par le même aide, chargé aussi de prendre leur température. Il s'occupait, matin et soir, d'abord des témoins, puis des malades. Une blouse spéciale était affectée à

chaque étable. En quittant le terrain d'expérience, il désinfectait ses chaussures en passant dans un lit de sciure de bois imbibé de crésyl, pour éviter de porter la contagion au dehors. Si, au cours des expériences, des animaux témoins avaient pris la fièvre aphteuse, on aurait pu incriminer soit une faute de technique, soit l'intervention des mouches. Cette éventualité ne s'étant pas produite, on doit en conclure que les mouches, opérant dans des conditions aussi semblables que possible à celles qui existent dans la nature, ont été incapables de transmettre la contagion.

Ces faits négatifs sont à rapprocher de ceux que nous enregistrons depuis trois ans dans nos observations journalières. Les six étables de notre station d'étude de la fièvre aphteuse sont alignées à la suite les unes des autres et ont leurs ouvertures sur un préau commun, le panneau supérieur de chaque porte restant toujours ouvert. Malades et témoins alternent sans ordre déterminé et bien que, pendant la plus grande partie de l'année, les mouches d'espèces variées aient toute facilité de visiter les différents pensionnaires, nous n'avons jamais observé de cas de contagion qui leur soient imputables.

Aussi, nous croyons pouvoir conclure que, malgré les apparences et les déductions auxquelles conduiraient des vues trop uniquement théoriques, le rôle des mouches dans la dissémination naturelle de la fièvre aphteuse doit être considéré comme nul.

M. **Jules Deschamps** adresse une Note intitulée : *Le Rayonnement*.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Division des Applications de la science à l'industrie par le décès de M. *H. de Chardonnet*, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne	M. **Georges Claude**,
En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique	MM. **Paul Boucherot**, **Léon Guillet**,
En troisième ligne, ex æquo, par ordre alphabétique	MM. **Louis Breguet**, **Ernest Fourneau**, **Jean Rey**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. les Professeurs **Émile Votoček**, de l'École polytechnique de Prague, et **V. Posejpal**, de l'Université de Prague, qui assistent à la séance.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XII) : *Recherches sur la forme active autoxydable de l'acroléine.* Note (1) de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**.

I. La présente étude avait été commencée dès le début de nos recherches sur l'autoxydation et l'action antioxygène (2), en vue d'éprouver la valeur de l'une des hypothèses que nous avions envisagées pour expliquer le mode d'action des substances antioxygènes, et d'après laquelle, A désignant la forme ordinaire et A′ une forme active du corps autoxydable, les antioxygènes empêcheraient l'autoxydation en convertissant la forme A′ autoxydable en la forme A non autoxydable.

Cette hypothèse a déjà été discutée (3).

---

(1) Séance du 24 novembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258; t. 175, 1922, p. 127; t. 176, 1923, p. 624 et 797; t. 178, 1924, p. 824; — *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 224 et 1152; t. 32, 1922, p. 1889; t. 33, 1923, p. 424 et 520; t. 35, 1924, p. 446.

(3) Voir notre Mémoire sur *l'autoxydation* et *l'action antioxygène* paru aux *Annales de la Sociedad española de fisica y quimica* 1922, p. 383; voir aussi les comptes rendus du *Conseil de Chimie* Solvay tenu à Bruxelles en avril 1922. L'hypothèse a, de plus, fait l'objet d'une discussion orale à la Société chimique de France, où M. Darzens fit valoir des arguments en sa faveur.

On peut en concevoir une analogue visant les formes ordinaire et active de l'oxygène [1].

D'un autre côté, nous avons publié une théorie générale, qui a notre préférence, basée sur l'opposition de deux peroxydes formés transitoirement (peroxyde du corps autoxydable et peroxyde de l'antioxygène), ces peroxydes se détruisant avec réduction mutuelle et régénération du mélange initial (corps autoxydable, oxygène et antioxygène) [2].

Nous avons fait observer [3], en outre, que le mécanisme ainsi envisagé devait être considéré, en réalité, comme un mécanisme de désactivation simultanée de l'oxygène et du corps autoxydable : prenant A et O^2 à l'*état de tension* (*molécules activées*, au moment où ces deux molécules se combinent), nous les rendons au système à l'*état de repos* (*molécules désactivées*). Il importe de remarquer que ce mécanisme de désactivation se distingue essentiellement de celui des deux désactivations ci-dessus envisagées. Dans ces deux désactivations, en effet, on considère comme se désactivant, sous l'action de l'antioxygène, soit l'oxygène seul, soit le corps autoxydable seul. Pour l'acroléine pure, par exemple, la concentration en molécules actives A' diminuerait par le simple contact de l'antioxygène; et il en serait de même pour l'oxygène.

D'après notre théorie, au contraire, l'acroléine ne peut être désactivée par les antioxygènes qu'en présence d'oxygène, avec lequel elle doit d'abord se combiner; et, de même, l'antioxygène ne peut désactiver l'oxygène qu'en présence du corps autoxydable, avec lequel il doit d'abord se combiner. Bref, nous désactivons, simultanément, et par l'intermédiaire l'un de l'autre, l'oxygène et le corps autoxydable.

Bien qu'assez subtil, le contrôle de ces différentes théories n'est pas inaccessible à l'expérience. Pour l'oxygène, à la vérité, nous n'avons pas encore trouvé le moyen de nous rendre compte s'il peut être désactivé par les antioxygènes en l'absence du corps autoxydable. Mais il est, par contre, un corps autoxydable, l'acroléine, pour lequel, grâce à un ensemble de conditions favorables, nous croyons être en mesure de rechercher s'il peut être désactivé par les antioxygènes en l'absence d'oxygène.

Cette recherche se rattache à une étude d'ensemble que nous avons effectuée sur l'activation de l'acroléine. L'exposé détaillé de nos expériences

---

(1) André Job, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 227.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 624.

(3) *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, t. 43, 1924, p. 645.

ne pouvant entrer dans le cadre d'une Note, nous nous bornons ici à un résumé succinct des grandes lignes du travail et des conclusions principales que nous avons cru pouvoir en tirer.

On se rend compte que dans une recherche de ce genre les expériences sont toujours délicates, et même parfois d'une exécution fort laborieuse, en raison des minutieuses précautions dont il est nécessaire de s'entourer : aussi, pour limiter le nombre des essais et concentrer ainsi nos efforts, nous nous sommes contentés provisoirement d'étudier un seul antioxygène, l'hydroquinone, en nous réservant d'étendre ultérieurement à d'autres les résultats obtenus.

A. LA FORME ACTIVE AUTOXYDABLE A′ DE L'ACROLÉINE. — Il n'est pas douteux que l'acroléine ne puisse donner naissance à plusieurs variétés de formes actives; aussi, pour éviter toute ambiguïté, nous tenons à préciser que la seule forme active (forme A′) dont il sera question dans les développements ultérieurs sera la forme autoxydable.

a. Ses propriétés caractéristiques. — 1° Par définition, la forme active A′ possède la propriété de s'unir directement à l'oxygène libre.

2° Rappelons que nous avons mis en évidence une seconde réaction caractéristique de A′ : la condensation en une résine insoluble, le disacryle. *C'est uniquement la forme* A′ *qui engendre le disacryle.* L'expérience suivante, qui a été répétée un très grand nombre de fois, dans les conditions les plus variées, le montre aisément : bien qu'il soit un catalyseur très actif de la condensation en disacryle, l'oxygène empêche cette réaction tant qu'il est en excès et, par conséquent, tant qu'il peut accaparer pour son compte les molécules actives A′. La condensation ne commence que quand l'oxydation est terminée [1].

Ainsi donc, A′ est le terme intermédiaire nécessaire de deux réactions de l'acroléine : l'autoxydation et la condensation en disacryle. Nous résumons cette proposition dans le schéma suivant :

$$A \rightarrow A' \begin{cases} \nearrow AO \text{ (autoxydation)} \\ \searrow D \text{ (condensation en disacryle)} \end{cases}$$

---

(1) Ou tout au moins quand cette oxydation est suffisamment ralentie, par suite de la raréfaction de l'oxygène. Il y a une *pression limite* en dessous de laquelle le gaz n'empêche plus la condensation en disacryle.

Comme bien l'on pense cette pression limite est variable suivant les conditions (température, éclairement, etc.). Dans nos expériences, elle oscillait généralement autour de 65^{mm}.

b. Sa nature. — La molécule A′ est-elle une forme tautomérique, une forme activée par perte ou gain d'électrons, ou par déplacement intramoléculaire d'électrons sans changement de liaisons (¹) : les raisonnements qui suivent, ne se basant sur aucune considération de structure, ne nous obligent pas à faire un choix entre ces hypothèses, aussi réservons-nous provisoirement notre opinion.

c. Sa concentration. — Les observations effectuées à propos de la cristallisation et de l'ébullition de l'acroléine (²) tendraient à faire admettre que cette substance est formée d'une seule espèce de molécules : les molécules A′ ne peuvent donc s'y trouver qu'à une concentration inférieure à celle que permettent de déceler la fusion ou l'ébullition (environ 1 pour 100).

Toutefois, si les molécules actives étaient assez mobiles pour se former ou se détruire rapidement, leur concentration ne pourrait être indiquée par la cristallisation ou l'ébullition, puisque l'équilibre, que tendrait à rompre la séparation de cristaux ou de vapeur, serait maintenu constamment par le retour des formes actives vers la forme ordinaire.

B. L'ACTION DÉSACTIVANTE DE L'HYDROQUINONE. — Le simple examen du schéma

$$A \rightarrow A' \begin{array}{l} \nearrow AO\,(\text{autoxydation}) \\ \searrow D\,(\text{condensation}) \end{array}$$

révèle que si les effets retardateurs que nous avons constatés dans l'autoxydation de l'acroléine sous l'influence des diverses doses d'hydroquinone sont le résultat d'une action retardatrice de l'hydroquinone sur la phase $A \rightarrow A'$, les mêmes effets de retard devront être observés, en présence des mêmes doses d'hydroquinone, dans la condensation.

Il était donc tout indiqué de rechercher si l'hydroquinone exerçait une action directe de ralentissement sur le phénomène de condensation en disacryle. S'il ne se produit pas de ralentissement, on peut conclure que l'hydroquinone, étant sans action sur l'ensemble de la transformation $A \rightarrow A' \rightarrow D$, est, en particulier, sans action sur la première phase $A \rightarrow A'$, par conséquent sur l'activation : l'hydroquinone n'aurait pas d'action désactivante.

Il est important de remarquer que dans le cas contraire, c'est-à-dire dans le cas où l'on observerait une action de ralentissement, on ne serait pas en

(¹) LOWRY, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 35, 1914, p. 815 et 905.

(²) CH. MOUREU, AUGUSTIN BOUTARIC et CH. DUFRAISSE, *J. de Chim. phys.*, t. 18, 1920, p. 335.

droit de conclure d'emblée à un pouvoir désactivant, puisque le retard observé dans la transformation globale $A \to A' \to D$ a pu se produire aussi bien dans la seconde phase, la condensation proprement dite $A' \to D$, que dans la première, l'activation $A \to A'$.

Pour réaliser une condensation en disacryle absolument indépendante du phénomène d'autoxydation (¹), nous nous sommes adressés à la lumière.

Les diverses expériences ainsi effectuées ont toutes abouti à un résultat indiscutable : l'hydroquinone retarde la condensation de l'acroléine en disacryle, même quand cette condensation est produite en dehors de toute autoxydation. *Il est donc possible que l'hydroquinone exerce une action désactivante sur l'acroléine.* Mais, d'après les raisonnements ci-dessus, il reste également possible que l'hydroquinone n'exerce pas cette action : les expériences mentionnées ne permettent pas de discerner dans quelle phase se produit l'action empêchante et, par conséquent, de décider s'il y a ou non désactivation.

Toutefois, même si nous adoptons pour nos expériences les interprétations les plus favorables à la thèse de la désactivation, nous arrivons à cette conclusion que l'action désactivante de l'hydroquinone ne saurait suffire à expliquer l'intensité de l'action antioxygène.

En supposant, en effet, que tout le retard se porte sur la phase $A \to A'$, ce qui revient à supposer que l'action retardatrice constatée est exclusivement due à une désactivation, et en adoptant le coefficient de ralentissement le plus élevé que nous avons trouvé pour une dose de $\frac{1}{1000}$ d'hydroquinone, soit 40, on se trouve trop éloigné de 500, le chiffre le plus bas donné par les résultats bruts de nos expériences comme coefficient de ralentissement de l'autoxydation par l'action de la même dose d'hydroquinone. Or, ce chiffre de 500 est certainement très au-dessous de la vérité, en raison du phénomène parasite que nous avons décrit (²).

Nous sommes donc en droit d'affirmer que *l'action désactivante de l'hydroquinone, vis-à-vis de l'acroléine, si elle existe, ne peut qu'être insuffisante pour expliquer l'action antioxygène.*

II. Une autre série d'expériences a été instituée pour déterminer les modalités de l'action de la lumière sur les deux phénomènes : condensation en disacryle et autoxydation de l'acroléine. Les observations ont été

(¹) Voir Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. **31**, 1922, p. 1166.
(²) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 258.

effectuées à l'obscurité complète, à la lumière faible (artificielle ou solaire), à la lumière intense (artificielle ou solaire), et enfin dans les diverses régions du spectre visible.

Dans une autre série, après avoir recherché le seuil d'activité catalytique de l'oxygène pour la condensation en disacryle, nous avons opposé l'une à l'autre les actions catalytiques de l'oxygène et de la lumière, puis, aux deux actions s'exerçant simultanément, celle de l'hydroquinone.

La description de ces expériences n'ayant pas sa place ici, nous donnerons simplement nos principales conclusions.

A. *La condensation en disacryle.* — L'activité de la lumière blanche (en l'absence de toute trace d'oxygène), comme agent de condensation de l'acroléine, est considérable : il suffit d'une minute d'exposition de la substance à la lumière du jour (lumière directe, soleil fort) pour qu'il se forme autant de disacryle qu'en un an à l'obscurité. L'accélération observée est de l'ordre de 500 000 fois.

Dans cette transformation, seuls agissent les rayons les plus réfrangibles (du bleu au violet), et ce fait très net est d'autant plus indiscutable que c'est une autre région du spectre (rouge orange) qui recevait le plus d'énergie.

Les radiations dont l'activité sur le phénomène de la condensation a été observée sont précisément celles dont Victor Henri a constaté l'absorption par l'acroléine.

D'infimes traces d'oxygène (moins de $\frac{1}{100\,000}$), agissant rigoureusement à l'abri de la lumière, causent aussi la condensation de l'acroléine en disacryle, et la puissance catalytique de ce gaz est comparable à celle de la lumière.

La lumière et l'oxygène agissent sur le même stade, le deuxième, de la condensation.

Alors que la lumière et l'oxygène agissant séparément produisent la condensation, leurs actions, quand elles sont simultanées, au lieu de s'exalter mutuellement, paraissent être antagonistes.

B. *L'autoxydation.* — En ce qui concerne l'autoxydation, elle est peu influencée par la lumière blanche, dont l'action est ici incomparablement moindre que pour la condensation en disacryle. Une intensité lumineuse qui accélère environ 500 000 fois la condensation n'accélère que 4 fois l'autoxydation : elle est, environ, 100 000 fois moins active pour la seconde réaction que pour la première.

Il est intéressant de remarquer que la petitesse de cette action ne tient

pas à l'antagonisme de radiations favorisantes et de radiations contrariantes, attendu que l'action, d'ailleurs très faible, des différentes parties du spectre, est analogue à celle de la lumière blanche.

La lumière visible ne paraît pas exercer d'action activante sur les molécules d'acroléine, ou, tout au moins, son action, si elle existe, est très faible : l'activation de l'acroléine est due, soit à des causes internes (chocs des molécules, etc.), soit à des radiations autres que celles du spectre visible.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *La cinquième Conférence internationale de la Chimie pure et appliquée*. Note de M. **Auguste Béhal**.

L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée a tenu sa cinquième Conférence à Copenhague du 16 juin au 1er juillet.

Dix-huit Nations étaient représentées.

L'Union s'est accrue de trois adhésions nouvelles : l'Afrique du Sud, le Chili et l'Esthonie dont les Gouvernements avaient fait parvenir leur adhésion au Conseil international de Recherches et à l'Union internationale de Chimie.

La France avait une délégation composée de 17 représentants qui comprenait entre autres quatre membres de notre Académie : MM. Moureu, Lindet, Bertrand et Béhal, président de la Fédération française (1).

La Conférence eut lieu sous la présidence de Sir William Pope F. R. S., professeur de Chimie à l'Université de Cambridge, président de l'Union internationale de la Chimie pure et appliquée.

Les différentes Commissions ont délibéré sur les questions mises à l'ordre du jour et sur des nouveaux sujets trop nombreux pour qu'on puisse les mentionner ici. Les propositions des Commissions furent adoptées à l'unanimité par le Conseil de l'Union.

Au cours de la session quatre conférences dues à des personnalités

(1) A son arrivée à Copenhague la délégation française s'est rendue, pour y déposer une couronne, au monument élevé à la gloire des soldats français et belges de la grande guerre morts au Danemark.

Elle était accompagnée du chargé d'affaires de France, le baron Coche, de l'attaché militaire français, le colonel de Saint-Denis, et du Conservateur du Monument édifié à l'aide d'une souscription de la colonie française, de la colonie belge et de danois d'origine française.

La délégation belge s'est associée à cet hommage rendu à ceux qui sont morts pour la patrie.

danoises ont été faites : 1° l'électrode à quinhydrone et ses applications, par M. Einar Biilmann; 2° les problèmes de la théorie atomique, par M. N. Bohr; 3° quelques points de vue sur la définition des acides et des bases, par M. J.-N. Broensted; 4° sur la solubilité des protéines, par M. S.-P.-L. Sœrensen.

Les délibérations du Conseil ont amené l'adoption des résolutions suivantes :

1° La Commission des Finances expose, que les cotisations ont été fixées en se basant sur la valeur du franc et que, celui-ci subissant des variations constantes, l'équilibre budgétaire ne peut pas être établi d'une façon fixe; elle demande à ce que les cotisations soient payées en francs-or, et, elle établit la parité des anciennes cotisations avec cette nouvelle unité; la cotisation de la France se monte de ce fait à 3600 francs-or.

2° Le Conseil constate l'intérêt qu'il y aurait à discuter à chaque Conférence annuelle un ou plusieurs grands sujets d'actualité scientifique; le soin de choisir ces sujets est laissé au Bureau de l'Union.

3° Le Conseil envisage ensuite la nécessité de faire procéder par l'Assemblée générale de 1925 à une révision des statuts de l'Union et nomme une commission chargée de présenter à la prochaine Conférence un projet de statuts révisés.

En se préoccupant de l'accroissement du nombre des membres de l'Union, le Bureau s'était rendu compte de l'inconvénient présenté par les statuts actuels du Conseil international de Recherches, qui excluent certaines nations dont plusieurs sont déjà admises à la Société des Nations. Afin de remédier à cet état de choses, il avait décidé de soumettre à l'examen du Conseil de l'Union la résolution suivante :

« L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée émet le vœu que le Conseil international de Recherches modifie ses statuts, de telle manière que chaque pays qui entre dans la Société des Nations puisse éventuellement être admis dans les unions affiliées au Conseil international de Recherches. »

Le Conseil de l'Union fut appelé à statuer sur l'opportunité de discuter immédiatement cette résolution ou de remettre la discussion à la sixième Conférence. A l'unanimité, il décida d'inscrire l'examen de cette résolution à l'ordre du jour de la Conférence de 1925.

4° Le Conseil décide à l'unanimité que la sixième Conférence international se tiendra à Bucarest en 1925, acceptant ainsi l'invitation faite par la Délégation roumaine lors de la Conférence de Cambridge.

Les Délégations étrangères ont reçu à Copenhague un accueil particulièrement touchant, tous les membres du Comité local d'organisation s'ingénièrent à leur rendre le séjour de leur ville le plus agréable possible, attentions délicates, réceptions collectives ou privées, visites d'usines, de laboratoires, de monuments et nombreuses excursions; tout cela laissera un souvenir charmant aux congressistes.

La visite de la Brasserie de Carlsberg, l'une des plus grandes du monde, appliquant les méthodes de Pasteur, fut précédée d'une conférence d'introduction par M. Vagn Jacobsen et suivie d'un souper. Elle marquera aussi son empreinte dans l'esprit des visiteurs. Enfin le banquet de clôture offert par le Comité local d'organisation eut lieu à « den Kongelige Skydebane », sous la présidence d'honneur de M. Paul Larsen entouré de Sir William Pope, de M. Einar Biilmann, de M. le président de la Municipalité, de M. le bourgmestre Jensen, de M. le chambellan Clan, etc.

On peut constater, avec satisfaction, que le nombre des assistants va croissant, sans cesse, dans les Congrès de l'Union et qu'après les hésitations inévitables du début, le travail effectif va en s'accélérant dans toutes les sections.

Ces réunions établissent des liens plus étroits et plus intimes entre les diverses nations adhérentes dont les génies particuliers à chaque race tendent ainsi à se pénétrer et à se comprendre.

L'effort fait pour unifier les méthodes d'analyses, les résultats du travail des treize sections de l'Union, d'un intérêt toujours croissant, aussi bien au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, montrent, d'une façon incontestable, l'importance du rôle de l'Union internationale de la Chimie pure et appliquée.

M. **Maurice d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'une brochure de M. **J. Predhumeau**, intitulé *Intégraphe Predhumeau-Secrétan*, pour laquelle il a écrit une *Note introductive*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la division des applications de la science à l'industrie, en remplacement de M. *H. de Chardonnet*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 71,

M. Georges Claude obtient	. . . .	41 suffrages
M. Léon Guillet »	. . . .	17 »
M. Paul Boucherot »	. . . .	6 »
M. Louis Breguet »	. . . .	5 »
M. Ernest Fourneau »	. . . .	1 suffrage
M. Jean Rey »	. . . .	1 »

M. **Georges Claude**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **A. Haller**, **H. Deslandres**, **P. Villard**, **Ch. Moureu**, **G. Urbain**, **J. Perrin**, **M. de Broglie** sont désignés pour constituer, conjointement avec le Bureau de l'Académie, la Commission chargée de présenter un candidat au prix Le Conte à décerner en 1924.

CORRESPONDANCE.

M. **Henri Abraham**, secrétaire général de l'Union internationale de Physique pure et appliquée, annonce à l'Académie que la prochaine assemblée générale se tiendra à Bruxelles au mois de juillet 1925.

L'Académie délègue à cette réunion ceux de ses membres qui font partie du Comité national de Physique pure et appliquée.

M. **Eugène Fichot** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *E. Bertin*.

MM. **Pierre Appell**, au nom de la *Société de physique industrielle*, **J. Basset**, **Louis Jalabert**, au nom de l'*Université Saint-Joseph de Beyrouth*,

Jean Mascart, **P. Mahler**, au nom de l'*Office central de chauffe rationnelle*, **Henri Piéron**, **Edmond Roy-Prémorant** remercient l'Académie des subventions qui leur ont été attribuées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. **Édouard de Martonne** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordé à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Conseil international des recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de Sismologie. *Publications du Bureau central sismologique international, sous la direction de* E. Rothé. Série A, *Travaux scientifiques;* Série B, *Monographies* (premiers fascicules).

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'impossibilité d'une relation algébrique entre* π *et* e. Note de M. **Mordouhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

Il y a un domaine intéressant de recherches qui est fondé, comme toutes les recherches connues de la transcendance, sur l'identité d'Hermite.

Ce sont les démonstrations de l'impossibilité d'une relation algébrique entre des couples de nombres transcendants. On peut démontrer non seulement que π et e sont transcendants, mais aussi qu'ils sont des transcendantes indépendantes.

Le point de départ est encore l'identité

$$(1) \qquad F(0)\sum_{j=0}^{j=n} C_j e^{j\theta} = L(\theta) + \sum_{j=1}^{j=n} C_j e^{j\theta}\int_0^{j\theta} e^{-x} f(x)\,dx.$$

$$L(\theta) = \sum_{j=0}^{j=n} C_j e^{j\theta},$$

$$f(x) = \frac{1}{p-1!}x^{p-1}(x-\theta)^p\ldots(x-n\theta)^p,$$

$$F(x) = f(x) + f'(x) + \ldots + f^{(\nu)}(x)],$$

θ étant une fonction algébrique de e^ξ (ξ algébrique), θ_1, θ_2, θ_3, ... étant les

racines de l'équation

$$\sum_{j=1}^{j=\tau} \mathrm{U}(e)\,\theta^j = 0$$

qui définit θ. Le produit $\prod_j \mathrm{L}(\theta_j)$ se ramène à une fonction rationnelle de e.

On a donc

$$\left|\prod_j \mathrm{L}(\theta_j)\right| > \frac{1}{\beta^{\nu_0}},$$

d'où aussi

$$|\mathrm{L}(\theta)| > \frac{1}{\beta^{\nu}}.$$

Le second terme pour p assez grand.

$$|\mathrm{R}_n| < \frac{1}{\beta^{\nu-\omega!}}.$$

Ce point est établi en ramenant l'inégalité

$$\frac{\sigma n^{\nu+1} |\theta|^{\nu+1} e^{|\theta|}}{\sqrt{2n}\, q^q} < \frac{1}{\beta^{\nu+\omega!}}. \qquad \left(\sigma = \sum_{j=1}^{j=n} |\mathrm{C}_j|\right)$$

à la forme

$$\left(\frac{\varphi\varepsilon}{a}\right)^{\varphi\varepsilon} > b,$$

$$q = \varphi\varepsilon, \qquad a = n^{n+1}|\theta|^{\lambda+1},$$

$$\varepsilon = \beta^{\nu+\omega!}, \qquad b = \frac{\sigma e^{|\theta|}\varepsilon}{\sqrt{2\pi}},$$

et en remarquant qu'elle sera satisfaite par

$$\varphi = ab,$$

on en déduit que

$$\sum_{j=1}^{j=n} \mathrm{C}_j\, e^{j\theta} \gtrless 0,$$

c'est-à-dire que e^θ est transcendant ou qu'entre e et $\log\xi$ (ξ algébrique) il n'y a aucune relation algébrique.

En particulier (si $\xi = -1$), π et e ne sont pas liés par une équation algébrique

$$\mathrm{H}(\pi, e) = 0.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les polygones de Poncelet généralisés.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'indiquerai des solutions *particulières* du problème suivant : étant donnée une conique C_2, tracer une courbe Γ_n de classe n, admettant, avec C_2, ∞^1 polygones P_p de p côtés, inscrits dans C_2, circonscrits à Γ_n, le premier sommet pouvant être pris *arbitrairement* sur C_2 ou le premier coté *arbitrairement* parmi les tangentes à Γ_n. Mes Notes du 20 octobre et 3 novembre indiquent la solution *générale* pour $p = 3$, et cela nous montre aussitôt qu'il faut préciser le nouveau problème : en effet, dans le cas de P_3, deux triangles accolés par un côté commun donnent, ce côté supprimé, un P_4; ce P_4 peut fournir, par le même procédé, un P_5 et ainsi de suite jusqu'à une certaine limite. Si donc on peut réaliser divers circuits partant d'un point de C_2 pour y revenir, nous prendrons pour p la valeur *minimum* à l'exclusion des autres.

2. Nous supposons toujours les coordonnées du point courant de C_2 exprimées rationnellement en t. Un procédé très général pour obtenir des quadrilatères P_4 consiste à éliminer les paramètres ρ, σ entre les équations

$$(1) \qquad f(\rho, t_1) = 0, \qquad \varphi(\sigma, t_2) = 0, \qquad \psi(\rho, \sigma) = 0,$$

supposées algébriques entières, de degré respectif r, p_1, s, p_2, R, S en ρ, t_1, σ, t_2, ρ et σ; les cordes (t_1, t_2) ainsi obtenues enveloppent une courbe Γ de l'espèce cherchée. Si les conditions de *symétrie* $f(u, v) \equiv \varphi(u, v)$ et $\psi(u, v) \equiv \psi(v, u)$ sont réalisées, Γ est de classe $rp_2\,\mathrm{S}$; s'il y a *dissymétrie*, la classe est $rp_2\,\mathrm{S} + sp_1\,\mathrm{R}$.

3. Cet exemple, en cas de dissymétrie, est précieux pour nous montrer que le problème de cette note peut avoir des solutions, défectueuses par certains côtés, dues à l'intrusion de la géométrie dans un problème de pure algèbre ou analyse.

En effet nous voyons bien que la conique C_2 peut disparaître complètement et qu'il suffit de garder une chaîne de nombres t_1, t_2, ..., t_p, t_1 tels que, *dans cet ordre*, chacun se déduise du précédent par l'itération d'une même substitution algébrique. On doit avoir avec la même fonction f, qui n'est pas nécessairement symétrique,

$$(2) \quad f(t_1, t_2) = 0, \quad f(t_2, t_3) = 0, \quad \ldots, \quad f(t_{p-1}, t_p) = 0, \quad f(t_p, t_1) = 0.$$

Or un quadrilatère t_1, t_2, t'_1, t'_2 obtenu par le procédé précédent ne satisfait pas à ces conditions : chaque tangente $t_1\, t_2$ ou $t_1\, t'_2$ a son *origine* en t_1, chaque tangente $t_1\, t_2$ ou $t'_1\, t_2$ a son *extrémité* en t_2, tandis, qu'avec la définition analytique, il faut que, dans le circuit, l'*extrémité* d'un maillon soit l'*origine* du suivant; mais, dans l'hypothèse de *symétrie*, cette objection tombe. Dans ce qui suit restreignons-nous donc aux solutions du type (2), sans repousser l'aide de la géométrie.

4. Les nombres t_1, t_2, ..., t_n doivent être racines d'une équation $F(t, \rho) = 0$, algébrique en t et contenant un paramètre ρ; si $f(t_1, t_2)$ est du premier degré en t_2, l'équation $F = 0$ est *abélienne et, réciproquement, toute équation abélienne fournit une solution du problème restreint.* Il est inutile de rappeler davantage tous les beaux travaux relatifs à cette théorie pour nous convaincre que nous ne pouvons donner que des solutions *particulières* du problème étudié ici. En particulier l'équation $t^p - \rho = 0$ fournit les polygones réguliers de p côtés. L'exemple des polygones ordinaires de Poncelet relatifs à deux coniques non bitangentes fournit cette fois une fonction f *symétrique* et du second degré en t_1 et t_2 séparément. Nous rentrons donc, en supposant le degré f en t_1 ou t_2 quelconque, dans le domaine si vaste de la résolution des équations algébriques.

5. Indiquons le moyen d'obtenir des solutions de plus en plus étendues à partir d'une solution connue. Remplaçons chaque point t de C_2 par l'un quelconque des points θ liés à t par l'équation algébrique *arbitraire* $\varphi(t, \theta) = 0$ de degré a en t et α en θ. Chaque polygone $t_1\, t_2\, \ldots\, t_{p-1}\, t_p\, t_1$ fournit donc α^p nouveaux polygones $\theta_1\, \theta_2\, \ldots\, \theta_{p-1}\, \theta_p\, \theta_1$ relatifs à une nouvelle courbe Γ' dont la classe est celle de Γ multipliée par $a\,\alpha$.

6. Tout ce qui a été dit en prenant une conique C_2 et une courbe Γ_n peut se répéter en prenant une courbe C_m de degré m et une courbe Γ_n de classe n et cherchant les polynomes P_p ($p \geqq 3$) inscrits dans C_m et circonscrits à Γ_n; et l'on constate alors que C_m entre en jeu dans le problème beaucoup moins par elle-même que par sa surface de Riemann. J'indiquerai simplement une légère complication : les points d'intersection avec C_m d'une tangente à Γ_n pourront ici être rangés en *trois* espèces et non plus seulement *deux*. En effet il y aura à distinguer les points de rencontre que l'on pourra appeler *effectifs* de ceux que l'on pourra appeler *apparents;* les points *effectifs* pourront ensuite être séparés en points *origine* ou points *extrémité*. Il suffit par exemple, après avoir opéré sur un couple C_2, Γ_n, précédemment étudié, de faire correspondre à C_2 une courbe *unicursale* arbitraire C_m, les points homologues de C_2 et C_m ayant le même t; un poly-

gone P_p de la première figure donnera un polynome P'_p de la seconde et l'on voit nettement, dans cette nouvelle figure, les trois catégories annoncées.

Et si l'on songe à la classification des surfaces réglées algébriques on se convainc aussitôt que la recherche des P_3 revient au problème suivant : recherche des surfaces réglées algébriques admettant ∞^1 plans *tritangents*, ou encore, en transformant par dualité, recherche des surfaces réglées algébriques admettant une *ligne triple*.

7. Si intéressantes que soient en elles-mêmes les variétés algébriques, nous pouvons remarquer que les indications de cette Note et des deux précédentes fournissent sans effort, en remplaçant les fonctions ou équations algébriques par des fonctions ou équations simplement *analytiques*, des exemples nombreux de polygones de Poncelet relatifs à deux courbes *analytiques*.

THÉORIE DES MARÉES. — *Sur l'intégration de l'équation des marées dynamiques*. Note de M. **Maurice Gevrey**.

1. Soit un bassin océanique dont la surface d'équilibre Σ est représentée sur la carte, dans le plan (x, y), par un domaine D. La détermination de l'oscillation contrainte isochrone complexe correspondant à une période donnée se ramène (en tenant compte de l'attraction du bourrelet formé de part et d'autre de Σ) à la résolution de l'*équation intégro-différentielle des marées*

$$\frac{\partial}{\partial x} h_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} h_1 \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial(h_2, \varphi)}{\partial(x, y)} + \frac{\lambda^2 \varphi}{g k^2} + \frac{\lambda^2}{g^2 k^2} \int\int_D \Gamma\left(\mathrm{P}, \mathrm{M}; \frac{1}{g}\right) \frac{\varphi(\mathrm{M})}{k'^2} d\omega_{\mathrm{M}} = \mathrm{C}\, e^{\lambda t},$$

en posant

$$h_1 = \frac{\lambda^2 h}{\lambda^2 + 4\omega^2 \cos^2\theta}, \qquad h_2 = \frac{2\omega \cos\theta}{\lambda} h_1;$$

h désigne la profondeur de la mer au point $\mathrm{P}(x, y)$, λ est une imaginaire pure, ω la rotation terrestre, θ la colatitude, k et k' les rapports de similitude de la carte à Σ en P et M, Γ le noyau résolvant relatif au paramètre $\frac{1}{g}$ et à la fonction $\frac{1}{\rho}$, ρ étant la distance dans l'espace des deux points de Σ correspondant à P et M.

Réservant pour une étude ultérieure le cas des plages, nous envisagerons

ici un bassin *limité par des falaises verticales*. Dans ce dernier cas, l'équation a été étudiée par M. G. Bertrand [1], qui a utilisé pour l'intégrer les valeurs principales des intégrales au sens de Cauchy. Nous allons la résoudre par un procédé tout différent, basé sur la méthode que nous avons donnée récemment [2].

2. Soit d'abord un *bassin fermé* : φ satisfait, sur son contour C, à la condition

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} - \mathrm{H}\frac{\partial\varphi}{\partial s} = 0 \qquad \left(\mathrm{H} = \frac{2\omega\cos\theta}{\lambda}\right). \tag{1}$$

Désignons par P_1 le point *image* de P, symétrique de P par rapport au pied p de la plus courte distance d de P à C. Posons $\mathrm{PM} = r$, $\mathrm{P}_1\mathrm{M} = r_1$ et

$$\mathrm{V}(\mathrm{P}, \mathrm{M}) = \mathcal{L}r + \mu(\mathrm{P})\mathcal{L}r_1 + \nu(\mathrm{P})\left(\widehat{\mathrm{O}x, \mathrm{P}_1\mathrm{M}}\right). \tag{2}$$

V, considérée comme fonction de P, satisfait à la condition (1) si l'on a sur C

$$\mu = \frac{1-\mathrm{H}^2}{1+\mathrm{H}^2}, \qquad \nu = \frac{-2\mathrm{H}}{1+\mathrm{H}^2}, \qquad \frac{\partial\mu}{\partial n} - \mathrm{H}\frac{\partial\mu}{\partial s} = \frac{\partial\nu}{\partial n} - \mathrm{H}\frac{\partial\nu}{\partial s} = 0. \tag{3}$$

Supposons qu'on ait obtenu deux telles fonctions $\mu(\mathrm{P})$ et $\nu(\mathrm{P})$, finies et continues dans D et sur C ainsi que leurs dérivées premières et secondes en x et y : nous poserons

$$\varphi(\mathrm{P}) = \iint_{\mathrm{D}} \mathrm{V}(\mathrm{P}, \mathrm{M})\,\psi(\mathrm{M})\,d\omega_{\mathrm{M}}.$$

En substituant dans l'équation des marées, on trouve que ψ *est solution d'une équation intégrale* de la forme

$$h_1\psi(\mathrm{P}) + \iint_{\mathrm{D}} \mathrm{K}(\mathrm{P}, \mathrm{M})\,\psi(\mathrm{M})\,d\omega_{\mathrm{M}} = \mathrm{C}e^{\lambda t}, \tag{4}$$

le noyau K présentant en P un pôle d'ordre *un* : cela résulte des propriétés du point image P_1. La fonction φ est la solution cherchée.

3. La détermination de μ et ν peut se faire d'une infinité de façons : par exemple, en appelant $\mu_1(s)$ et $\mu_2(s)$ les valeurs de μ et de sa dérivée normale sur C, nous pou-

---

(1) *Annales de l'École Normale*, t. **11**, 1923, p. 151. Voir aussi POINCARÉ, *Théorie des marées*, p. 140 : nous employons ses notations.

(2) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 663. ERRATA : page 665, ligne 6, *lire* $\mathcal{G}^*$; note (1), *lire* A, B, C.

vons poser, dans le voisinage de C,

$$\mu(P) = \mu_1(s) + d\mu_2(s),$$

s étant l'abscisse curviligne du point p. Cela exige il est vrai, pour former (4), l'existence de la dérivée troisième de H : on peut éviter cette hypothèse en posant

$$\mu(P) = \frac{1}{\pi}\int_{-l}^{+l}\left[\frac{2d^3\mu_1}{(d^2+\sigma^2)^2} + \frac{d^2\mu_2}{d^2+\sigma^2}\right]d\sigma,$$

σ étant l'arc de C compté à partir de p, et $2l$ la longueur de C.

La fonction d peut d'ailleurs être remplacée par toute autre fonction g s'annulant sur C ainsi que $g_x'^2 + g_y'^2 - 1$. Si, par exemple, $f(x, y) = 0$ est l'équation de C, on prendra pour g la fonction $\dfrac{f}{\sqrt{f_x'^2 + f_y'^2}}$ et pour point image $P_1(x_1, y_1)$

$$x_1 = x - \frac{2ff_x'}{f_x'^2 + f_y'^2}, \qquad y_1 = y - \frac{2ff_y'}{f_x'^2 + f_y'^2}.$$

On peut même supposer que C se compose d'arcs distincts avec points anguleux.

4. Nous avons ramené le calcul de φ à la résolution d'une seule équation intégrale, mais sans démontrer l'*unicité* de la solution. Pour l'établir, on peut calculer φ à l'aide de la *fonction de Green* $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution, par rapport à Π, de l'équation adjointe de la proposée, déduite de celle-ci en changeant h_2 en $-h_2$ et faisant $C = 0$. Nous poserons alors

$$\mathcal{G}(\Pi, P) = V(\Pi, P) + \int\int_D V(\Pi, M)\Psi(M, P)\,d\omega_M,$$

en assujettissant V, comme fonction de Π, à vérifier sur C la condition

$$\frac{\partial V}{\partial n} + H\frac{\partial V}{\partial s} = 0;$$

Ψ satisfera alors, en tant que fonction de M, à une équation de Fredholm analogue à (4), et la *formule fondamentale* (p. 664) nous donnera

$$2\pi h_1\varphi(P) = e^{\lambda t}\int\int_D \mathcal{G}(\Pi, P)\,C(\Pi)\,d\omega_\Pi.$$

Dans les deux méthodes, on obtient les périodes des oscillations propres en annulant le déterminant de Fredholm.

5. Nous pouvons, moyennant une légère modification, traiter le cas d'un bassin *débouchant dans un océan* où la marée est supposée connue. C se compose alors : 1° d'une portion C_1, formée de falaises, où φ satisfait à (1);

2° d'une portion C_2 où la direction du déplacement dû à la marée est connue, ce qui entraîne pour φ une condition de même forme que (1), H étant cette fois quelconque. Si l'on veut résoudre le problème par la fonction de Green, la condition aux limites pour V est

$$\frac{\partial V}{\partial n} + H \frac{\partial V}{\partial s} = \frac{V}{h_1} \frac{\partial (h_2 - h_1 H)}{\partial s},$$

le second membre étant nul sur C_1 : les conditions à imposer à μ et ν ne diffèrent alors de (3) que par l'adjonction aux deux dernières d'un second membre, nul sur C_1.

Les calculs précédents ne sont valables que pour un bassin non traversé par la *latitude critique* $(1 + H^2 \neq 0)$.

MÉCANIQUE. — *Sur la mesure des efforts aérodynamiques supportés par la voilure d'un avion.* Note de MM. **E. Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. Rateau.

Il est très intéressant de connaître, pour la construction et l'utilisation des avions, les efforts qu'exerce sur la voilure le vent relatif rencontré par l'appareil. Il est possible d'arriver à cette connaissance en se servant des déformations élastiques des ailes mêmes qui, dans les limites de sécurité, sont proportionnelles aux efforts subis. Cette méthode présente en outre l'avantage de signaler immédiatement les déformations permanentes résultant de tensions dangereuses ou du vieillissement de la construction.

Nous avons établi un instrument susceptible de mesurer constamment la déformation de l'aile pendant le vol et assurant la transmission de cette mesure à un cadran ou à un appareil enregistreur placé à proximité du pilote. Il comprend une sorte de poutrelle de construction légère fixée de façon rigide au corps de l'avion et pénétrant à l'intérieur de l'aile ou de la cellule. Cette poutrelle constitue un repère pratiquement fixe par rapport auquel on évalue les déformations de la voilure au moyen d'une sorte de comparateur. Ce dernier transmet ses indications au cadran ou à l'enregistreur.

Cet indicateur d'effort d'ailes peut être étalonné pendant l'essai statique qui s'effectue en chargeant progressivement de poids la voilure de l'avion retourné et en notant chaque fois les déformations correspondantes. Cette opération ne représente toutefois qu'un étalonnage statique de l'instrument

qui doit, en outre, être capable de suivre fidèlement les déformations rapides se produisant pendant le vol sous l'influence des perturbations atmosphériques ou de manœuvres de pilotage, aussi brutales qu'elles puissent être.

L'indicateur doit donc posséder une période propre très courte si l'on veut éviter des erreurs dans la mesure des efforts rapidement variables. Mais il risque alors d'être influencé par d'autres vibrations, comme celles provoquées par un moteur, vibrations dont la période est beaucoup plus courte que celle des efforts aérodynamiques. Dans ces conditions, il est indispensable de donner à l'indicateur un amortissement réglable en vue d'éliminer l'action de celles de ces vibrations dont on ne veut pas tenir compte.

Nous avons employé à cet effet une transmission liquide qui permet, dans de très larges limites, de faire varier à la fois l'amortissement et l'amplification donnés par l'instrument. La détermination expérimentale des propriétés d'un tel appareil n'est pas cependant sans présenter quelques difficultés, car il est nécessaire de vérifier que ses indications représentent fidèlement les efforts aérodynamiques instantanés que l'on ne sait pas mesurer en vol.

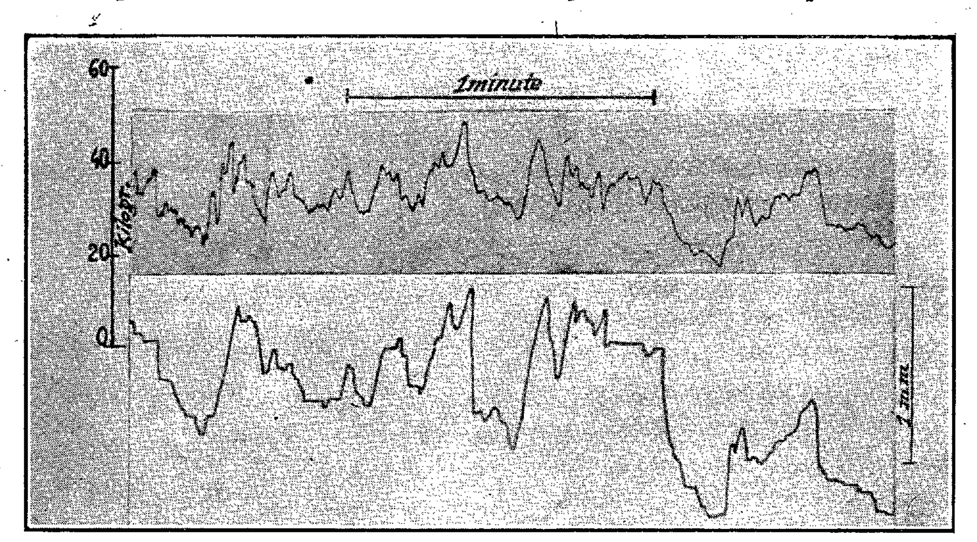
Dans ce but, nous avons utilisé la méthode d'essai des voilures en vraie grandeur dans le vent naturel, que nous avons décrite antérieurement (1). L'avion Magnan, à ailes souples, a été suspendu sous un portique de 10^{m} de hauteur et de 15^{m} de largeur, installé sur le plateau de Saint-Inglevert, et constitué par deux mâts tubulaires verticaux, en acier, reliés entre eux par un câble métallique raidi par un haubannage approprié. L'avion pouvait être hissé sous le milieu du portique au moyen d'un autre câble supportant une sorte de fléau de 2^{m} de longueur. A l'une des extrémités de ce dernier était fixé un dynamomètre à ressort et à cadran; à l'autre extrémité était attaché un dynamomètre enregistreur à liquide à haute pression. A ces deux dynamomètres était suspendu l'avion en deux points symétriques par rapport à son plan médian.

L'indicateur d'effort, monté sur le voilier, comprenait un cylindre fixé au longeron de l'aile à 2^{m} du plan médian et relié par une canalisation en tube de cuivre à un autre cylindre, de section plus petite, encastré dans le socle de l'appareil d'enregistrement du dynamomètre. Dans le premier

(1) E. Huguenard, A. Magnan et A. Planiol, *Sur l'étude aérodynamique des ailes d'oiseaux et des voilures souples* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 193).

cylindre joue un piston dont un des bouts fait corps avec la poutrelle dont il a été question plus haut. Dans le second cylindre se meut un autre piston qui commande, par un système de leviers, une plume traçant sur le même papier que la plume de l'enregistreur dynamométrique. Une colonne liquide remplit complètement la canalisation ainsi que les cylindres, de manière qu'à tout déplacement du premier piston corresponde un déplacement proportionnel du second piston, et par conséquent de la plume.

L'avion ainsi suspendu a été exposé à un vent SW, d'une vitesse moyenne d'une dizaine de mètres à la seconde; nous avons obtenu alors les tracés reproduits sur la figure. Le tracé supérieur donne, d'après l'échelle



placée à gauche de la figure, les variations, en fonction du temps, de l'effort aérodynamique du vent sur une aile. La courbe inférieure fournit, à l'échelle du tracé indiquée à droite, les variations correspondantes de la flexion de l'aile.

Les deux tracés, comme on le voit, présentent une très grande ressemblance qu'une adaptation et une construction appropriées permettraient de transformer en une identité complète. Cette ressemblance montre que l'on peut utiliser les indications de l'un ou l'autre des deux tracés à la mesure des efforts aérodynamiques instantanés supportés par la voilure et par conséquent que l'indicateur d'effort d'ailes peut être employé sur un avion en vol pour donner la valeur instantanée de la portance, grandeur qui échappe encore à l'observation directe.

GÉODÉSIE. — *Les moyennes par dixièmes d'année dans les variations des latitudes*. Note (¹) de M. **Jean Boccardi**, présentée par M. Bigourdan.

I. Les recherches sur les variations des latitudes qui se font depuis 40 ans ont été intéressantes non seulement par leur objet, mais aussi par les études subsidiaires qu'elles ont provoquées, soit sur quelques points de la théorie, soit sur les valeurs de quelques-unes des constantes astronomiques, soit enfin sur des phénomènes de géophysique qui interviennent pour modifier les observations astronomiques de latitude.

Dans la présente Note je signale les principaux inconvénients qui proviennent de la manière de faire les moyennes des valeurs de la latitude, φ, par des dixièmes d'année. On verra que, par des considérations très simples, on peut expliquer des anomalies que l'on rencontre dans le tracé de la polhodie.

Le *premier* inconvénient est évidemment de masquer les variations de φ à courte période, dont les observations délicates faites dans le premier vertical *en suivant les mêmes étoiles* à Poulkowo (discutées par M. Schuman), à Pino Torinese, à Odessa et ailleurs, ont démontré l'existence. Aujourd'hui on ne peut plus douter de l'existence d'une onde semi-lunaire ($13^j,7$) dans les diagrammes de φ. Il suffit d'avoir sous les yeux une série assez longue d'observations faites avec soin, pour déceler cette période d'environ 14 jours. Quant à la variation diurne signalée par Boccardi dans les *Comptes rendus*, dès 1913 et confirmée par de nombreuses observations faites à Pino et à Odessa, il peut y rester quelque doute, des erreurs systématiques dans les déclinaisons des étoiles observées pouvant influer pour une large part dans cette variation diurne; cependant les observations de 82 circumpolaires faites au Cap paraissent confirmer cette même variation.

Et s'il reste encore d'autres ondes, ce ne seront pas les moyennes par $36^j,5$ qui les mettront en lumière.

Un *second* inconvénient est de *diminuer* constamment l'amplitude totale des variations de φ. D'après les polhodies publiées surtout par le Bureau de Potsdam, on croit que ces oscillations atteignent tout au plus $0'',62$ (²), tandis que si l'on trace les diagrammes en ayant égard aux observations individuelles, on trouve au moins $0'',70$ pour l'amplitude maxima des spires de la polhodie.

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

(²) Dans certains Traités ou Annuaires on se borne toujours à $0'',50$.

Un *troisième* est de fausser la période totale d'une oscillation complète ou d'une spire, aussi bien que les périodes partielles, c'est-à-dire aux intervalles de temps entre la valeur moyenne φ_0 et les valeurs maxima ou minima de φ.

Enfin *quatrièmement* les moyennes par dixièmes d'année peuvent amener à admettre un déplacement continuel, de caractère séculaire, du pôle vers l'une des stations, par exemple, vers Carloforte, lorsque, peut-être, ce déplacement n'est qu'apparent, et résultant des moyennes par dixièmes d'année, comme on va le voir.

II. Les figures 1 et 2 montrent comment les inconvénients 2 et 3 peuvent avoir lieu. Supposons (*fig.* 1) que le maximum effectif *m* ait lieu à la fin

Fig. 1. Fig. 2.

du dixième *am* et au commencement du dixième suivant *mn*, la courbe de la latitude étant symétrique de part et d'autre. Nous faisons ces hypothèses pour simplifier. Il arrivera que les moyennes par dixièmes auront lieu aux points où la droite *ov* rencontre la courbe. La valeur du maximum que l'on trouve des deux côtés sera inférieure à la valeur du maximum réel. La différence est donnée par la distance de *m* à la droite *ov* et, d'après les données (par exemple, celles de 1910 et 1922), elle pourra dépasser $-0'',06$. Un fait semblable peut avoir lieu pour le minimum, de sorte que l'amplitude des variations $\varphi - \varphi_0$ au cours d'une période pourra s'élever à $0'',10$ et même davantage, dans des cas plus défavorables. En tout cas, des erreurs de $-0'',07$ sur le montant de l'amplitude seront généralement à craindre.

Par suite de la symétrie de la courbe, il n'y aura pas d'erreur sur l'époque du maximum, car celui-ci sera prolongé de *o* à *v*, et l'on prendra l'instant moyen qui est celui de *m*; toutefois la marche du diagramme en sera faussée.

Supposons en second lieu (*fig.* 2) que le maximum effectif *m* arrive 7 ou 8 jours après la fin *c* d'un dixième. La moyenne du dixième *cn* sera donnée par la droite *ov*, le maximum calculé sera au point *v* dont l'ordonnée ne diffère pas, comme dans le cas précédent, d'une longueur considérable de l'ordonnée vraie, celle du point *m*; mais l'époque du maximum, c'est-à-dire

l'abscisse du point v différera de 7 ou 8 jours de l'époque exacte donnée par l'abscisse de m. Dans ce cas le maximum est *retardé* considérablement; si au contraire la fin du dixième tombait 7 jours après m, l'instant du maximum serait *anticipé*.

On voit donc que par des considérations très simples on peut expliquer les différences très remarquables que l'on constate entre des valeurs successives de la période totale et entre les périodes partielles. On sait que, d'après la théorie, la période, même en différant de 30 heures, devrait être constante.

III. Quant au quatrième inconvénient, il s'explique aussi aisément. Si un maximum a lieu dans les conditions de la figure 2, de sorte qu'il est diminué d'à peine $0'',02$, et au contraire le minimum présente les conditions de la figure 1, et par conséquent est diminué en valeur absolue de $0'',06$, il résultera que la latitude du lieu semblera avoir augmenté de $0'',04$; que φ_0 pour cette spire n'est pas φ_0 d'autrefois, que le pôle paraîtra se rapprocher de la station.

On sait que M. Walter Lambert, en se basant surtout sur les observations de sa station d'Ukiah, en a déduit que le pôle se rapproche du continent nord-américain, tandis que M. Wanach, peut-être par suite de la prépondérance des observations de Carloforte, a trouvé que le pôle s'est déplacé presque tout à coup pendant la période 1918-1922 de la quantité très considérable $0'',07$ vers Carloforte. M. Lambert avait trouvé $0'',005$ par an.

Par des considérations analogues on pourrait expliquer aussi le cas très étrange rencontré par M. Wanach, d'une *boucle* dans la polhodie de 1919.

La conclusion devrait être que, surtout pour déterminer l'amplitude et les périodes totales ou partielles, on devrait déterminer les maxima, les minima de φ et l'époque de la valeur normale φ_0 par des diagrammes représentant les observations originales.

TOPOMÉTRIE. — *Sur un nouvel appareil destiné à la construction automatique de cartes à courbes de niveau par restitution photographique.* Note de M. **J. Prédhumeau**, présentée par M. d'Ocagne.

Le nouvel appareil dont nous avons dressé le projet depuis plusieurs années, et dont nous venons de construire le modèle définitif, a pour objet la confection automatique de cartes ou plans cotés ou à courbes de niveau par la restitution de vues photographiques prises avec des appareils reposant sur le sol.

On sait qu'il existe déjà des appareils, d'ailleurs fort bien combinés, qui permettent d'obtenir ce résultat. Mais leur complication et leur prix nous ont incité à rechercher une solution plus simple et partant moins dispendieuse. Nous avons réussi en substituant à la méthode optico-mécanique sur laquelle sont fondés ces appareils une méthode purement optique réalisée dans le nouvel appareil auquel nous avons donné le nom de « stéréotopomètre ».

Il nous avait paru convenable de ne pas faire connaître publiquement le principe de cet appareil avant d'avoir pu, par des expériences décisives, nous rendre compte de ses véritables qualités. Ces expériences ayant aujourd'hui été poursuivies en assez grand nombre pour nous renseigner d'une façon précise sur les qualités de notre méthode, nous croyons pouvoir indiquer ici les principes sur lesquels elle est basée.

Le couple de photographies du terrain nécessaire pour la restitution par le « stéréotopomètre » est pris à l'aide d'une chambre stéréoscopique que l'on place successivement aux extrémités d'une base de longueur convenable. Les négatifs sont obtenus par débouchage successif de l'objectif de droite à l'extrémité droite de la base et de l'objectif de gauche à l'extrémité gauche. La chambre stéréoscopique est supportée par un théodolite qui assure l'horizontalité et le parallélisme rigoureux des axes des objectifs dans ces deux opérations. Les deux négatifs ainsi obtenus occupent les deux moitiés d'une même plaque photographique du format 60×130^{mm}, de sorte que ce cliché stéréoscopique est identique à celui qu'aurait donné la photographie, prise avec le même appareil maintenu, fixe d'un terrain supposé réduit à l'échelle $\frac{d}{L+d}$, d étant l'écartement des objectifs de la chambre photographique et L la longueur de la base.

Le cliché, après développement, est replacé dans la même chambre stéréoscopique, exactement dans la même position par rapport aux objectifs qu'au moment de la prise des deux vues. Ainsi placé il est porté dans l'appareil de restitution où les seules conditions à réaliser sont que les objectifs aient leurs axes horizontaux et que le plan contenant ces axes ait la même inclinaison que la base du terrain.

Dans les systèmes déjà en usage, des index constitués par des réticules liés à des systèmes optiques forment à travers ceux-ci des images virtuelles que la vision stéréoscopique permet de faire coïncider avec les différents points des clichés. Les mouvements des systèmes optiques ainsi déterminés sont transformés, par des liaisons mécaniques plus ou moins compliquées, en mouvements correspondants du crayon traçant la carte.

Dans le « stéréotopomètre », un index unique, grâce à une commande des plus simples, manœuvrée par l'opérateur, se déplace effectivement dans l'espace à trois dimensions réduit comme il vient d'être dit. Ce sont les images de cet index que l'on amène à coïncider avec les différents couples de points images d'un même point du terrain.

Le pied de la verticale de l'index dessine le plan.

Les variations de niveau de l'index définissent les différences d'altitude des différents points.

En maintenant constant le niveau de l'index on trace une courbe de niveau.

Une des principales difficultés à vaincre consistait à assurer la mise en place de la plaque photographique dans la chambre du photothéodolite à $\frac{1}{200}$ de millimètre près. Un dispositif dont la description ne saurait trouver place ici a permis de réaliser cette condition d'une façon absolument rigoureuse.

La précision des résultats est indépendante de la plus ou moins grande distorsion des objectifs photographiques et de la plus ou moins grande précision des organes de commande.

Des essais sont en cours pour adapter le stéréotopomètre à la restitution de vues prises avec des objectifs non parallèles ni horizontaux et en particulier à la restitution des vues aériennes.

Nous nous réservons de donner dans un mémoire développé le détail de tous les dispositifs qui n'ont été ici que simplement indiqués.

PHYSIQUE. — *Sur l'interprétation thermodynamique du potentiel d'ionisation.* Note de M. **Nicolas Perrakis**, présentée par M. Albin Haller.

Nous avons étudié récemment (1), M. Pierre Bedos et moi, la loi reliant le potentiel d'ionisation V_m d'un élément à sa température absolue d'ébullition T que nous avons représentée par l'expression

$$V_m = 28,57 e^{-0.07147 T^{\frac{1}{2}}} + 0,00000093 T^2.$$

On a pu constater, par le graphique et le tableau qui ont illustré la Note en question, que cette relation s'accorde d'une manière satisfaisante avec l'expérience.

(1) N. Perrakis et P. Bedos, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 756.

Ainsi que nous l'avions fait remarquer, cette loi ne nous permet pas d'identifier, avec M. Jean Bosler [1], le potentiel d'ionisation d'un élément à sa chaleur de vaporisation, le sens dans lequel varie chacune de ces deux propriétés en fonction de la température étant différent.

Toute autre paraît être la signification thermodynamique du potentiel d'ionisation.

Ayant toujours en vue le phénomène de la vaporisation, considérons la relation de Duhem

$$\Phi = \mathcal{F} + \Omega,$$

où Φ, $\mathcal{F}$ et Ω désignent respectivement le potentiel thermodynamique total du système considéré, son potentiel thermodynamique interne et le potentiel des forces externes.

Écrivons que le système est en équilibre à pression et température constantes :

$$d\Phi = d\mathcal{F} + d\Omega = 0;$$

par suite,

$$d\mathcal{F} = -d\Omega = d\mathfrak{G},$$

$d\mathfrak{G}$ étant le travail élémentaire effectué par les forces externes (pression uniforme).

D'autre part, nous avons la relation

$$eV_m = \frac{1}{2} m v_m^2,$$

reliant le potentiel d'ionisation V_m à la vitesse limite v_m que doit acquérir l'électron ionisateur pour qu'une molécule gazeuse soit ionisée.

Ajoutons que l'assimilation de l'émission électronique à la vaporisation, commencée [2] lors de l'établissement de la constante thermo-électronique $C_j = 4{,}07 \times 10^{-27} \frac{\text{cal}}{\text{deg}}$, nous permettra de considérer les forces externes, réduites à la seule tension d'émission, comme dérivant d'un potentiel et d'écrire en remplaçant $d\mathcal{F}$ par sa valeur,

$$eV_m = d\mathfrak{G} = d\mathcal{F} = dU - T\,dS,$$

où dU et dS représentent respectivement les variations élémentaires d'énergie interne et d'entropie thermique.

---

(1) J. Bosler, *L'évolution des Étoiles*, p. 38.

(2) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 562.

D'où la relation

$$(1) \qquad V_m = \frac{1}{e}[dU - T\,dS]$$

et, en remplaçant dS par la constante thermo-électronique C_j,

$$(1') \qquad V_m = \frac{1}{e}[dU - C_j T].$$

Telle pourrait être l'interprétation thermodynamique du potentiel d'ionisation.

On voit que l'atome se *transforme* et que l'équilibre est *maintenu*, grâce à l'*expulsion* d'un électron dont le départ *absorbe* une quantité d'entropie thermique égale à $C_j T$.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la distorsion d'une perturbation électromagnétique se propageant le long d'une ligne conductrice isolée.* Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. P. Villard.

Quand une perturbation électromagnétique se propage le long d'une ligne conductrice, parfaitement isolée, et de résistance non négligeable, elle subit, comme on sait, un amortissement accru d'ailleurs par suite de la distribution transversale non uniforme du courant, correspondant à ce qu'on désigne sous le nom d'effet pelliculaire.

L'étude expérimentale de cet amortissement et la mise en évidence de l'effet pelliculaire sur des lignes en cuivre ou en fer, ont été réalisées, jusqu'à présent, en utilisant la formation, sur cette ligne, d'ondes stationnaires provoquées d'une manière quelconque, soit à l'aide d'un émetteur à oscillations amorties [1], soit au moyen d'un système producteur d'ondes entretenues [2].

Je me suis proposé de constater par une méthode directe d'enregistrement l'influence de l'effet pelliculaire sur la forme de la perturbation qui se propage le long d'une ligne, du moins dans les conditions facilement réalisables dans un laboratoire. La résistance effective, en haute fréquence, du conducteur employé croît en effet rapidement avec la fréquence ; si donc l'on fait appel à des perturbations à front raide, les divers harmoniques en lesquels

---

(1) Kartschagin, *Ann. der Physik*, t. 67, 1922, p. 325.
(2) Laville, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 573 et 986.

on peut les décomposer ne subiront pas le même amortissement pour un même trajet et l'on doit constater que la forme de l'onde électromagnétique se modifie au fur et à mesure de sa propagation, ou, en d'autres termes, qu'elle subit une distorsion.

La ligne utilisée, parfaitement isolée, est constituée de deux fils métalliques, parallèles, nus, de 1^{mm} de diamètre, distants l'un de l'autre de 2^{cm} ; sa longueur était variable suivant les expériences et n'a pas dépassé ici 147^{m}.

Pour enregistrer la courbe de tension de la perturbation électromagnétique considérée, deux petits condensateurs à air, identiques, sont respectivement connectés aux deux extrémités de la ligne; ils sont disposés l'un au-dessus de l'autre, autour du tube de mon oscillographe cathodique, et un écran conducteur relié au sol et convenablement disposé, assure l'indépendance de leurs indications. La technique d'enregistrement est celle spéciale aux hautes fréquences déjà décrite à propos de l'oscillographe.

Le procédé qui s'est montré le plus commode, pour créer la perturbation électromagnétique très brève nécessaire, a consisté à exciter unipolairement la ligne employée : l'un des fils de ligne est relié au sol, l'autre, isolé sur toute sa longueur, est connecté à l'un des pôles d'un éclateur à très petite étincelle soufflée, réuni par des fils courts à des armatures isolées dont on fait varier très brusquement la tension.

Les expériences ont porté sur une ligne en cuivre et sur une ligne en fer. On compare la forme de la perturbation au départ à celle de la perturbation à son arrivée au bout de la ligne, de façon à ne faire intervenir que le phénomène de la propagation le long des fils conducteurs. C'est la transposition, dans le domaine électromagnétique, de la technique classique employée pour l'étude de la propagation d'une onde acoustique solitaire dans un tuyau.

Les oscillogrammes fournis par la ligne en cuivre montrent que la forme de la perturbation ne subit que des modifications peu importantes durant son parcours, résultat en conformité avec la faible valeur de la résistivité du métal. Cependant, on constate déjà l'amortissement sélectif des hautes fréquences : c'est ainsi que des harmoniques de longueur d'onde voisine de 4^{m}, visibles sur l'onde au départ, ont presque disparu à l'arrivée, tandis que la partie principale, dont la longueur d'onde est d'environ 12^{m}, subsiste sans déformation appréciable. A la même occasion, on peut vérifier sur les enregistrements que l'amplitude de la tension à l'extrémité de la ligne où se produit la réflexion de l'onde, est sensiblement double de l'amplitude de la tension au départ, conformément à ce que la théorie permet de prévoir pour les lignes de résistance nulle à capacité uniformément répartie.

Les phénomènes présentés par la ligne en fer mettent en évidence un

amortissement global bien plus important et un amortissement sélectif beaucoup plus marqué. Pour la même longueur de ligne que précédemment et pour une même perturbation au départ, l'amortissement global est tel qu'on ne discerne presque plus l'arrivée de cette perturbation à l'autre bout de la ligne; en réduisant convenablement cette longueur, la perturbation reparaît, mais avec une amplitude bien inférieure à celle obtenue dans le cas du cuivre, et sa forme diffère de celle de l'onde initiale par suite de la disparition sélective des harmoniques de fréquences élevées due à l'effet pelliculaire.

Il est à présumer que le même phénomène doit se produire sur les lignes de transmission d'énergie électrique quand, pour une cause accidentelle, une surtension brusque se produit : la forme heurtée de cette perturbation ne peut que s'atténuer par suite de sa propagation, si toutefois l'on ne tient compte que de l'effet pelliculaire.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie de l'électrostriction dans les liquides isolants.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

Introduction. — Considérons un condensateur formé de deux armatures fixes et indéformables placées dans un vase contenant un diélectrique fluide. L'expérience (1) montre que, quand on établit le champ, le fluide se contracte entre les armatures : c'est le phénomène de l'électrostriction, qui a été calculé par Helmholtz et Lippmann (2).

Électrostriction isotherme. — Supposons une armature au sol : soient x le potentiel de l'autre, m sa charge, T la température du liquide, V son volume total, p la pression exercée de l'extérieur. Dans une transformation isotherme réversible, le système reçoit le travail $dW = -p\,dV + x\,dm$. Lippmann assimile cette expression à la différentielle de l'énergie interne U du système, ce qui est incorrect; dW n'est une différentielle totale exacte que pour des transformations isothermes : c'est alors la différentielle de l'énergie utilisable U — JTS. Le calcul de Lippmann, correct pour les transformations isothermes, est compliqué de changements de variables assez pénibles : il nous semble utile de montrer comment on peut obtenir

(1) M. Pauthenier, *Annales de Physique*, t. 14, 1920, p. 239; *Journal de Physique*, t. 5, 1924, p. 312.

(2) Lippmann, *Journal de Physique*, t. 9, 1881, p. 381.

un calcul simple par un choix judicieux des variables et de la fonction caractéristique dont on écrira la différentielle.

Nous voulons, pour une pression et une température données, étudier l'action d'un champ électrique E. Nous supposerons le condensateur plan, et de dimensions telles qu'on puisse négliger la correction des bords; nous prendrons comme variables indépendantes T, p et E; soient v_0 le volume géométrique soumis au champ uniforme et B l'induction électrostatique; le travail élémentaire s'écrit :

$$dW = -p\,dV + \frac{v_0}{4\pi} E\,dB,$$

et la fonction caractéristique correspondante est

$$F = U - JTS + pV - \frac{v_0}{4\pi} EB.$$

Pour une transformation isotherme ($dT = 0$) :

$$dF = V\,dp - \frac{v_0}{4\pi} B\,dE.$$

Quand on établit le champ, le liquide compris initialement entre les armatures se contracte du volume v_0 à un volume v. Un volume $v_0 - v$, venant de l'extérieur, entre dans le champ; $v_0 - v$ est toujours extrêmement petit par rapport à v_0, ainsi que le volume soumis au champ non uniforme des bords : les contractions des masses liquides correspondantes sont des infiniment petits d'ordre supérieur. Quand E varie seul, les variations du volume total V sont égales, à des termes d'ordre supérieur près, aux variations du volume v du liquide qui occupait initialement le volume géométrique v_0 : l'expérience le justifie d'ailleurs directement. En écrivant que dF est différentielle totale exacte, et introduisant la constante diélectrique ($B = \varepsilon E$), on a

$$\left(\frac{\partial v}{\partial E}\right)_{p,T} = \left(\frac{\partial V}{\partial E}\right)_{p,T} = -\frac{v_0}{4\pi} E \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}\right)_{E,T} = -\frac{v_0}{4\pi} E \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial v}\right)_{E,T} \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_{E,T}.$$

La variation de volume Δv produite par E s'obtient en intégrant de o à E; en introduisant la contraction θ et le coefficient de compressibilité $\varkappa$, on retrouve la relation de Helmholtz-Lippmann :

$$\theta = \frac{\varkappa E^2}{8\pi} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \theta}\right)_{E,T} \qquad \left[\theta = \frac{v_0 - v}{v_0}, \quad \varkappa = -\frac{1}{v_0}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_{E,T}\right].$$

Quantité de chaleur mise en jeu par la charge isotherme. — L'expression

générale de la différentielle dF est

$$dF = -\mathrm{JS}\,dT + V\,dp - \frac{v_0}{4\pi}\,B\,dE.$$

En écrivant que dF est une différentielle totale exacte, on obtient les dérivées partielles de l'entropie. La quantité de chaleur q reçue par le condensateur dans la charge isotherme est

$$\mathrm{J}q = \mathrm{JT}\int_0^E \left(\frac{\partial S}{\partial E}\right)_{T,p} dE = T\int_0^E \frac{v_0}{4\pi}\left(\frac{\partial B}{\partial T}\right)_{p,E} = \frac{v_0 T}{8\pi}\,E^2\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T}\right)_{p,E},$$

quantité généralement négative. Dans le cas du benzène à 20° C., on trouve, pour $v_0 = 1^{\mathrm{cm}^3}$ et $E = 1$ u. é. s., $J_0 = -28.10^{-3}$ erg, alors que le travail électrique $W_e = v_0 \varepsilon E^2 8\pi$ est égal à 90.10^{-3} erg. Il est donc incorrect de dire que le travail W_e est emmagasiné à l'état d'énergie potentielle dans le diélectrique : il mesure, non pas la variation d'énergie interne, mais la variation d'énergie utilisable dans une transformation isotherme, et les raisonnements usuels de l'Électrostatique ne sont corrects qu'en y remplaçant l'expression *énergie électrique* par l'expression *énergie utilisable électrique*.

Ce fait a déjà été signalé par Pellat pour les diélectriques solides. Le phénomène que nous étudions diffère essentiellement de celui qu'a étudié Pellat en ce que nous considérons un diélectrique liquide entre armatures fixes : nous pouvons, sans invraisemblance, admettre la réversibilité des phénomènes, et nous n'avons pas à tenir compte des variations du volume géométrique du condensateur, correspondant à la dilatation et aux déformations élastiques du diélectrique.

Électrostriction adiabatique. — Dans les expériences réalisées par l'un de nous, l'établissement du champ E est extrêmement brusque, de l'ordre de 10^{-6} sec; aucun échange de chaleur n'est possible avec le milieu ambiant. Le calcul de l'électrostriction est immédiat en prenant comme variables indépendantes S, p et E; la fonction caractéristique correspondante est

$$\varphi = U + pV - \frac{v_0}{4\pi}\,EB.$$

Pour une transformation *adiabatique* ($dS = 0$) :

$$d\varphi = V\,dp - \frac{v_0}{4\pi}\,B\,dE.$$

Un calcul analogue au précédent donne la contraction adiabatique :

$$\theta' = \frac{\chi' E^2}{7\pi}\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \theta}\right)_{E,S}, \qquad \left[\chi' = -\frac{1}{v_0}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_{E,S}\right].$$

Il faut remplacer le coefficient de compressibilité isotherme $\varkappa$ par le coefficient de compressibilité adiabatique $\varkappa'$, qui s'en déduit par la relation classique

$$\varkappa' = \varkappa - \frac{T}{JC_p} \alpha^2,$$

et lui est en général notablement inférieur (de 30 à 40 pour 100) : pour le benzène, on a $\varkappa' = 6,2.10^{-11}$, au lieu de $\varkappa = 9,3.10^{-11}$. Le rapport de ces coefficients est d'ailleurs égal au rapport γ des deux chaleurs spécifiques : ce n'est que pour des liquides exceptionnellement peu dilatables (eau, mercure) qu'il est voisin de l'unité.

On trouvera dans un autre Recueil la comparaison détaillée de ces résultats théoriques aux résultats expérimentaux obtenus par l'un de nous.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur le réglage automatique de la puissance d'une installation électrique.* Note [1] de M. **Michel Doloukhanoff**, présentée par M. Rateau.

Pour produire, transformer, distribuer et utiliser l'énergie électrique dans les meilleures conditions de rendement, il importe que la puissance développée par les machines et appareils (alternateurs, transformateurs, moteurs, etc.) soit aussi voisine que possible de leur puissance normale. On sait en effet que le rendement d'une machine descend d'autant plus vite que la charge s'éloigne davantage de sa puissance normale.

Or, dans la pratique habituelle, les machines électriques sont obligées de travailler la plupart du temps sous des charges non seulement extrêmement variables et intermittentes, mais encore très petites par rapport à la puissance normale de ces machines. Il en résulte que leur rendement pratique descend sensiblement au-dessous de sa valeur maximum et devient souvent déplorable.

Pour éviter cet inconvénient d'une manière absolue il faudrait régler, à chaque instant, la puissance normale de la machine sur la charge demandée. Cette solution idéale imposerait que les dimensions de la machine fussent variables dans le même temps, ce qui, dans l'état actuel de la science, est irréalisable.

A défaut de cette solution absolue, le problème a été résolu de façon approchée en remplaçant la machine unique par une série de machines

[1] Séance du 24 novembre 1924.

munies de dispositifs permettant d'augmenter ou de diminuer le nombre des unités en marche, suivant les variations de la charge.

Cette solution n'est ni complète ni satisfaisante. Pour être réellement efficace, c'est-à-dire pour ajuster à chaque instant avec une précision suffisante la puissance à la charge, elle exigerait, en effet, l'emploi d'un très grand nombre d'unités de puissances très réduites. Un tel système ne peut donc être que très compliqué, très coûteux et peu économique, puisque le rendement des petites unités est toujours sensiblement inférieur à celui des grandes unités.

Pour obvier à ces inconvénients, voici sur quel principe nous nous appuyons :

Étant donnée une installation composée de n machines de puissances différentes, au lieu d'augmenter simplement le nombre d'unités en service lorsque la charge monte et de le diminuer lorsqu'elle baisse, nous nous sommes appliqués à imaginer un procédé et à réaliser un dispositif capable de grouper ces machines par combinaison mathématique et de mettre en service ces groupements de telle manière qu'à chaque moment la puissance des machines en marche soit pratiquement égale à la charge demandée.

Comme le nombre de combinaisons qu'on peut réaliser avec n éléments est égale à $2^n - 1$ (toujours supérieur à n, nombre de groupements qu'on peut seulement réaliser par simple addition d'éléments), on obtient ainsi un maximum de combinaisons avec un minimum d'appareils.

C'est ainsi, par exemple, qu'une installation composée de quatre électromoteurs de 400 kilowatts de puissance chacun, munie de dispositifs de réglage déjà connus, ne serait capable de développer successivement et suivant les variations de la charge que les quatre groupements suivants :

400 — 800 — 1200 — 1600 kilowatts.

Notre procédé, au contraire, utilisant quatre électromoteurs de 100, 200, 400, 800 kilowatts, permettra de réaliser toute la gamme des puissances de 100 à 1500 kilowatts en montant par 100 kilowatts, c'est-à-dire les quinze groupements suivants :

100 kw., 200 kw., $100 + 200 = 300$ kw., ..., jusqu'à 1500 kilowatts.

Ainsi la puissance des machines en service s'ajustant mieux à la charge demandée, le rendement réel de l'installation et son facteur de puissance s'élèvent jusqu'à leur valeur maximum.

Quant à la réalisation pratique du dispositif à employer, elle peut être

effectuée de différentes façons. En général, celui-ci devra comporter un appareil de commande (relais ampèremétrique, wattmétrique ou autre) influencé par l'énergie consommée, et branché sur le circuit d'utilisation ou d'alimentation.

Cet appareil commande le jeu du distributeur qui, au moyen de frotteurs passant sur des plots, reliés avec les différentes machines, effectue automatiquement les groupements convenables de ces machines et les met en service ou hors service.

Tel est le principe général de notre méthode. Il est applicable à toutes les machines électriques : alternateurs, transformateurs, moteurs d'industrie, de chemins de fer, de tramways, etc.

A titre d'exemple, voici comment l'application en est réalisée dans le cas de postes de transformateurs statiques :

Chaque transformateur est muni d'interrupteurs, haute et basse tension, commandés à distance. Cette commande est réalisée à l'aide d'un distributeur automatique contrôlé lui-même par un ou plusieurs relais branchés sur le réseau d'utilisation.

Lorsqu'il n'y a aucune charge dans le réseau d'utilisation, le distributeur est à sa position O, tous les transformateurs se trouvant hors circuit; et en même temps une petite source auxiliaire de courant maintient la tension dans la ligne d'utilisation et dans le distributeur automatique.

Dès qu'une charge, si petite soit-elle, se trouve demandée dans le réseau, la source auxiliaire débite dans le relais du distributeur, provoquant la mise en service du plus petit transformateur et coupant en même temps la source auxiliaire. Lorsque la charge du réseau augmente et vient à dépasser la puissance de ce premier transformateur, le relais du distributeur fonctionne et met en service le transformateur plus puissant, en débranchant en même temps le premier. Si la charge augmente encore et vient à dépasser la puissance du second transformateur, le distributeur automatique met en marche, soit les deux transformateurs $1+2$ en parallèle, soit un troisième encore plus puissant et ainsi de suite.

Au contraire, si la charge décroît, le distributeur fonctionne en sens inverse, de façon à diminuer corrélativement la puissance du ou des transformateurs en service. Si enfin la charge devient nulle, le distributeur revient à sa position O, en mettant hors circuit tous les transformateurs et en réintroduisant la source auxiliaire dans le réseau.

La généralisation de cette méthode rendra, pensons-nous, des services

dans toutes les applications de l'électricité. Son adaptation effective au cas des transformateurs nous a déjà permis de constater expérimentalement qu'il procure une amélioration considérable du rendement moyen et du facteur de puissance, ainsi qu'une stabilisation parfaite de la tension.

Remarques au sujet de la Communication précédente : Emploi de séries géométriques approximatives, par M. **Rateau** (¹).

A la suite de cette Communication, je présenterai quelques remarques qui me donneront l'occasion de faire connaître à l'Académie l'échelle normale des dimensions arrêtée par la Commission permanente de Normalisation, instituée en 1919 au Ministère du Commerce.

Le dispositif de M. Doloukhanoff, qui ne vise que les applications de l'électricité, est sans doute nouveau; toutefois, le principe sur lequel il est fondé, à savoir : l'emploi d'une progression géométrique de raison 2, est bien ancien; il a été utilisé déjà dans maintes circonstances.

C'est ainsi que les systèmes de monnaies ou de poids procèdent, autant que faire se peut, de cette manière. Mais ici il a fallu transiger avec le principe pour s'accorder avec le système habituel de numération dont la base 10 renferme à la fois les facteurs 2 et 5.

Au lieu de la série logique $1 - 2 - 4 - 8 - \ldots$, on a été contraint d'adopter $1 - 2 - 5 - 10 - \ldots$.

Au troisième échelon, l'écart, entre la valeur 5 de l'objet créé et celle 4 de celui qu'aurait voulu la série par 2, atteint 25 pour 100.

Une adaptation analogue a été réalisée pour ce qu'on appelle la série normale des dimensions. Il importe de fixer une échelle de nombres types, destinée à servir de guide dans la normalisation des objets, appareils ou machines semblables. Ce sont des progressions géométriques qui conviennent le mieux dans la grande majorité des cas. Moi-même, depuis longtemps, j'ai utilisé la série de raison $\sqrt[4]{2}$. Toutefois, des séries de ce genre ne s'accordent pas avec la numération décimale, ce qui gêne pour les étendre dans les deux sens. Aussi a-t-on fait mieux, maintenant, en adoptant des séries procédant des racines de 10, et, notamment, la série des puissances entières successives de $\sqrt[10]{10} = 1,2589\ldots$ Les nombres exacts étant incommensurables, on les a arrondis au mieux, et la série

(¹) Séance du 24 novembre 1924.

qui en est résulté est, entre 1 et 10, la suivante :

1 — 1,25 — 1,6 — 2 — 2,5 — 3,2 — 4 — 5 — 6,4 — 8 — 10.

On étend cette série dans le sens des nombres supérieurs, ou du côté des nombres inférieurs, en multipliant ou divisant les nombres ci-dessus par les puissances entières successives de 10.

Si l'on prend ces chiffres de 3 en 3, on constate qu'ils forment à peu près des progressions géométriques de raison 2 ; c'est même rigoureux pour l'intervalle 1 à 10 [1], mais cela ne l'est plus au delà ; par exemple, le nombre après 10 est 12,5, tandis que le double de 6,4 est 12,8. Toutefois l'écart est faible, inférieur à 2,5 pour 100. Cette échelle offre l'avantage précieux de s'accorder aussi bien que possible à la fois avec la numération décimale et avec le principe des séries de raison 2. C'est pourquoi elle a été proposée à la Commission de Normalisation qui l'a adoptée. Elle l'a été aussi l'année dernière par les Commissions allemandes, et, à l'étranger, on l'appelle « série allemande ». La justice exige cependant qu'on l'appelle « série Renard », car il est de notoriété publique que le colonel Charles Renard l'a, le premier, imaginée, et utilisée couramment depuis 1879 pour les diamètres des cordages des ballons.

Je citerai un troisième exemple où, pour une raison toute différente, il convient encore de transiger avec le principe.

Quelquefois, dans les turbines à vapeur, on cherche à graduer la section du premier distributeur en harmonie avec la charge demandée à la machine, et l'on réalise cela en divisant l'ensemble des tuyères en éléments munis de soupapes que l'on ouvre ou ferme successivement à la main, ou par des dispositifs automatiques. Supposons le cas, que j'ai eu à étudier, de 7 tuyères identiques. On peut les fractionner, suivant le principe utilisé par M. Doloukhanoff, en trois groupes de 1, 2 et 4 tuyères, avec une soupape pour chaque groupe. On a ainsi la possibilité de graduer le nombre des tuyères suivant tous les nombres entiers de 1 à 7. Mais, forcément, dans l'une des combinaisons, quelle que soit la combinaison adoptée, la veine de vapeur est divisée en deux jets séparés, ce qui ne laisse pas d'être fâcheux pour le rendement. Comme la marche à une seule tuyère n'offre aucun intérêt, j'ai préféré la division en quatre groupes rangés comme suit : 1 — 2 — 2 — 2. Le deuxième groupe, de 2 tuyères, n'est pas muni de sou-

[1] Il suffit de se rappeler les deux seuls nombres 1,25 et 1,6 pour retrouver toute l'échelle.

pape. Il n'y a donc, comme dans la combinaison précédente, que 3 soupapes (l'une d'elles pour 2 au lieu de 4 tuyères), et l'on peut réaliser tous les nombres entiers de tuyères ouvertes, de 2 à 7, par groupes *toujours jointifs*.

Par ces exemples, nous voyons que si, dans beaucoup de cas, le principe de la série géométrique par 2 ou ses racines est avantageux pour l'échelonnement logique, il est nécessaire parfois, tout en l'acceptant pour guide d'ensemble, de s'en écarter quelque peu pour satisfaire, d'autre part, à des conditions essentielles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau sous la pression de* 760mm. Note (1) de MM. **E. Carrière** et **Arnaud**, présentée par M. A. Haller.

La détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide azotique et d'eau a été faite par M. Pascal (2), celle relative aux mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760mm a été établie par MM. Carrière et Cerveau (3).

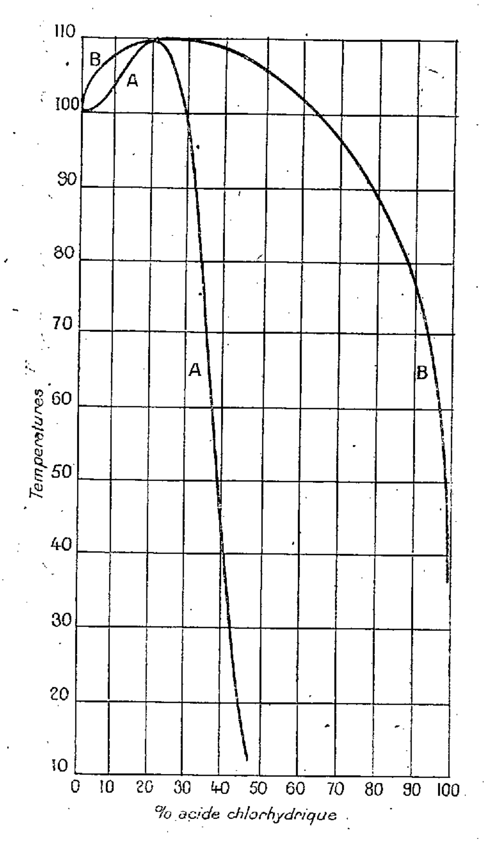
Il ne semble pas qu'un travail analogue ait été exécuté pour les mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau. Seules la température d'ébullition maxima sous la pression de 760mm et la concentration correspondante commune aux deux phases liquide et vapeur ont été déterminées par MM. Roscoë et Dittmar (4).

Pour la détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau sous la pression de 760mm, nous avons utilisé l'acide chlorhydrique chimiquement pur titrant 35 pour 100 d'acide chlorhydrique. Pour obtenir une concentration plus grande, l'acide est partagé en deux portions. La première est distillée, la seconde refroidie extérieurement par un mélange de glace et de sel sert à la condensation des vapeurs d'acide chlorhydrique qui se dégagent de la première. On parvient ainsi à avoir de l'acide chlorhydrique à 42 pour 100.

La technique suivie pour l'obtention des points de la courbe d'ébullition et de la courbe de rosée est identique à celle indiquée par MM. Carrière et Cerveau, en ce qui concerne la détermination des courbes d'ébullition et de

(1) Séance du 3 novembre 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 589.
(3) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 46.
(4) *Recueil des Constantes de la Société française de Physique*.

rosée des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760^{mm} [1].



Les résultats obtenus figurent dans les tableaux suivants :

Tableau relatif à la courbe d'ébullition.

T. E.	19°.	57.	63.	70.	81.	90.	100.	102.	103.
C. E.	41,9	35,7	34,5	33,3	31,3	29,7	27,7	26,6	25,8
T. E.	105°.	107,75.	108,5.	109,25.	109,5.	110.	109,5.	109,25.	108,5.
C. E.	24,7	22,7	21,7	21,1	20,7	20,15	19,4	18,5	15,9
T. E.	107°,75.	106.	104.	103.	102.	101,25.	100,75.	100.	
C. E.	14,6	12,4	10,1	7,2	5,2	2,9	1,0	0,03	

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 46.

Tableau relatif à la courbe de rosée.

T. D...............	21°.	36.	42.	95.	102.	103.	105,75.	107,75.
C. D............	100	99,6	99,0	88,9	72,0	65,8	61,6	42,2
T. D...............	108°,5.	109,25.	109,5.	110.	109.	107,75.	106,5.	106.
C. D............	36,4	30,5	20,5	20,15	16,0	10,4	6,6	3,8
T. D...............	104°,5.	103,5.	102.	101,75.	100,5.	100.		
C. D............	1,1	1,0	0,7	0,1	0,05	0,0		

T. E. = températures d'ébullition; C. E. = composition en HCl pour 100 du mélange en ébullition.

T. D. = températures de distillation; C. D. = composition en HCl pour 100 du distillat.

Les résultats de ces deux tableaux sont d'autre part représentés par les courbes ci-contre construites en portant les teneurs en acide chlorhydrique en abscisses et les températures en ordonnées.

La courbe AA est la courbe d'ébullition, la courbe BB est la courbe de rosée.

Le maximum pour la température d'ébullition, soit 110°, correspond à la composition 20,15 pour 100 en acide chlorhydrique. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Roscoë et Dittmar. D'autre part, les courbes sont bien tangentes pour la température maxima, conformément à la règle de Gibbs-Konovaloff.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Applications de la méthode d'électrolyse avec la cathode à gouttes de mercure.* Note (1) de M. J. **Heyrovsky**, présentée par M. G. Urbain.

J'examinerai ici quelques applications auxquelles se prête la méthode récemment décrite (2).

L'accroissement du courant dans l'appareil peut être mesuré avec une précision de 2 à 3 millivolts. La méthode permet donc d'étudier les relations ioniques dans les solutions, de la même manière qu'avec les piles réversibles. Dans les cas où les piles de concentrations ne sont pas utilisables, la méthode qui fait l'objet du présent travail peut être employée avec avantage, soit que

(1) Séance du 17 novembre 1924.

(2) *Trans. Farad. Soc.*, loc. cit.

les métaux contenus dans la solution s'y trouvent à de très faibles concentrations, soit que les électrodes soient attaquables par l'eau, soit enfin qu'elles soient passives.

Le produit de solubilité et le degré de la complexité ionique des zincates et des plombites alcalins ont été ainsi facilement déterminés.

On peut aussi appliquer cette méthode dans l'étude des réductions inorganiques ou organiques et également dans le cas des solutions non aqueuses (1).

Enfin, il faut remarquer que la différence entre le « potentiel de dépôt » π_N à la cathode à gouttes de mercure et le « potentiel électrolytique normal » E. P., multipliée par le facteur de quantité électrique F, exprime l'affinité A d'amalgamation d'un équivalent du métal (voir la table), cette affinité étant l'énergie libre de combinaison du métal pur avec le mercure pour donner l'amalgame très dilué à la surface de la goutte.

Dans la table suivante, les potentiels « normaux » de dépôt π_N sont les potentiels pour lesquels un changement de polarisation d'un millivolt correspond à un acroissement de 10^{-8} amp. du courant $\left(\frac{di}{d\pi} = 10^{-5}\right)$.

	π_N.	E.P.	$\frac{A}{F}$.
Li	−2,023 v	−3,304	1,281
K	−1,883	−2,998	1,138
Na	−1,860	−3,208	1,325
Cs	−1,837	"	"
Rb	−1,796	−3,205	1,409
NH^4	−1,787	"	"
Tl^I	−0,151	−0,613	0,462
Ca	−2,023	−3,05	1,03
Mg	−1,903	"	"
Sr	−1,863	"	"
Ba	−1,814	"	"
Mn^{II}	−1,335	"	"
Fe^{II}	−1,114	−0,714	−0,401 (!)
Zn	−0,865	−1,043	0,678
Cd	−0,348	−0,683	0,335
Pb	−0,264	−0,415	0,151
In^{III}	−0,504	−0,660	0,156

(1) Shikata, *Ibid.*, vol. 19, 1923, p. 721.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation et déshydrogénation directe de l'acénaphtène.* Note (1) de M. **M.-N. Goswami**, transmise par M. Paul Sabatier.

En appliquant à l'*acénaphtène*

$$C^{10}H^{6}\begin{cases}CH^{2}\\ |\\ CH^{2}\end{cases}$$

leur méthode d'hydrogénation directe sur le nickel à 210°-250°, MM. Sabatier et Senderens l'ont transformé régulièrement en *tétrahydroacénaphtène*

$$C^{10}H^{10}\begin{cases}CH^{2}\\ |\\ CH^{2}\end{cases};$$

M. Godchot arriva au même résultat (2). En opérant l'hydrogénation sous pression élevée (120^{atm}) vers 300°, Ipatieff a pu obtenir, à côté du tétrahydroacénaphtène, la *décahydroacénaphtène*

$$C^{10}H^{16}\begin{cases}CH^{2}\\ |\\ CH^{2}\end{cases}\quad (3),$$

semblable au produit obtenu antérieurement par Liebermann et Spiegel, en hydrogénant l'acénaphtène à l'aide d'eau, d'iode et de phosphore (4).

J'ai pensé que la méthode de Sabatier et Senderens, appliquée à température assez basse, permettrait d'atteindre le carbure saturé d'hydrogène. C'est ce que l'expérience a vérifié. En dirigeant les vapeurs d'acénaphtène entraînées par un excès d'hydrogène sur une traînée de nickel réduit, chauffé vers 150°, on obtient condensation d'un mélange liquide de *tétrahydro-* et de *décahydroacénaphtène*, que la distillation fractionnée permet de séparer, en tétrahydro-, bouillant à 240°, et décahydro- bouillant à 235°.

Le nickel réduit pouvant fréquemment agir comme déshydrogénant des vapeurs, quand on opère sans hydrogène vers 300° (pipéridine, cyclohexane, hydrures de naphtaline, etc.), nous avons pensé que, dans ces con-

(1) Séance du 24 novembre 1924.

(2) P. Sabatier et Senderens, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 1257. — Godchot, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 3, 1908, p. 529.

(3) W. Ipatief, *Ber.*, t. 42, 1909, p. 2092.

(4) Liebermann et Spiegel, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, t. 2, p. 561.

ditions, l'acénaphtène serait transformé en *acénaphtylène*

$$C^{10}H^{6}\langle\begin{matrix}CH\\ \|\\ CH\end{matrix}.$$

C'est, en effet, ce qui se produit avec un excellent rendement. On arrive à l'acénaphtylène, cristaux jaunes qui fondent à 92° et bouillent à 270°. Il donne avec l'acide picrique une combinaison en cristaux orangés fondant à 202°. C'est une préparation très avantageuse de l'acénaphtylène. J'ai vérifié que ce dernier est très aisément hydrogéné sur le nickel, revenant à l'acénaphtène.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la présence de l'éthane dans un grisou provenant des Mines de Gagnières.* Note de M. **P. Lebeau**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le grisou est généralement formé par du méthane avec des proportions variables d'anhydride carbonique, d'azote et d'oxygène, ce dernier gaz et une partie de l'azote pouvant d'ailleurs provenir du mélange avec l'air.

A côté de ces constituants habituels, divers auteurs ont signalé en outre la présence de l'hydrogène, de l'éthane et de l'éthylène.

Dans son Ouvrage sur *Le Grisou*, M. H. Le Chatelier (¹) faisant une critique très serrée des documents analytiques publiés antérieurement, a été conduit à affirmer que le méthane était le seul gaz combustible dont la présence ait été reconnue avec certitude dans le grisou.

M. Th. Schlœsing fils, en 1897, après une série de recherches très précises sur la composition du grisou, a formulé ainsi ses couclusions : « Dans le plus grand nombre de cas, on a trouvé que la partie combustible du grisou consistait simplement en méthane. Il est arrivé pourtant aussi qu'elle comprit un peu d'hydrocarbures étrangers, par exemple 2 à 4 pour 100 d'éthane » (²).

La combustion eudiométrique qui a toujours été utilisée pour les analyses de la partie combustible du grisou, peut laisser subsister des doutes sur la nature même des hydrocarbures accompagnant le méthane. L'introduction dans la détermination des mélanges d'hydrocarbures gazeux des procédés de

(¹) H. Le Chatelier, *Le Grisou*, p. 14, *Encyclopédie scientifique des aide-mémoire.* (Gauthier-Villars et G. Masson, éditeurs, Paris).

(²) Th. Schlœsing fils, *Annales des Mines*, 9e série, t. 2, 1897, p. 5.

liquéfaction et de fractionnement, facilités par l'utilisation de l'air liquide, devait permettre de lever toute incertitude.

Nous avons eu l'occasion d'appliquer ces méthodes à l'examen d'un échantillon de grisou provenant des Mines de Gagnières (Gard). Il a été prélevé en juin 1924, dans une poche de chantier où s'était produit quelques jours avant un dégagement spontané de gaz. Il pouvait être mélangé à une certaine quantité d'air.

Nous avons soumis 270^{cm^3} de ce gaz au refroidissement préalable à $-214^{\circ}-215^{\circ}$ obtenu en évaporant l'air liquide sous pression réduite. Le mélange liquéfié conserve une tension de 45^{mm}. On procède à une première extraction en maintenant la réfrigération et jusqu'à ce que la tension soit abaissée à 15^{mm}.

La partie ainsi extraite qui correspond à 63,65 pour 100 du mélange initial, est uniquement constituée par l'azote et la plus grande partie de l'oxygène. On continue ensuite à extraire les gaz jusqu'au vide complet. Dans cette deuxième phase du fractionnement, la portion extraite correspond à 34,3 pour 100 du gaz total et est formée par un mélange d'oxygène et de méthane dont la composition a pu être aisément déterminée.

Enfin, après avoir enlevé l'air liquide et laissé le condenseur revenir à la température ordinaire, on recueille la partie condensée, dont le volume égal à $5^{cm^3},5$, correspond à 2,05 pour 100 du gaz total. Cette dernière portion contient de l'anhydride carbonique, une petite quantité de carbures éthyléniques et des homologues supérieurs du méthane. On procède aux séparations d'après les procédés habituels. La combustion eudiométrique de la partie contenant les carbures saturés, correspond très sensiblement à celle de l'éthane.

Composition en volume pour 100 Gaz brut.			Déduction faite de l'air.
Azote + Oxygène	65,45	ou Air 56,70	
		Azote 8,75	20,21
Méthane	32,50		75,06
Éthane	0,94		2,17
Éthyléniques	0,02		0,04
Anhydride carbonique	1,09		2,52
	100,00		100,00

Il nous a paru intéressant de signaler la présence certaine de l'éthane dans ce grisou des Mines de Gagnières, qui paraît en outre contenir de petites quantités de carbures éthyléniques.

Nous espérons d'ailleurs pouvoir préciser prochainement ce dernier point.

GÉOLOGIE. — *Les phénomènes de sédimentation dans les terrains du Crétacé et de l'Éocène des Pyrénées occidentales.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

Les calcaires à Globigérines de la fin des temps secondaires et du début des temps tertiaires dont j'ai parlé dans ma dernière Note (¹) forment des bancs qui alternent avec des lits marneux ou phylliteux. Ces derniers contiennent les mêmes organismes que les calcaires à Globigérines, mais ils sont en outre chargés, et c'est de là qu'ils tirent leur caractère, de matériaux « détritiques ».

Ces alternances de calcaires solides et de couches phylliteuses se voient sur de grandes épaisseurs de sédiments. Je ne crois pas qu'un géologue puisse rester indifférent devant le problème qu'elles posent.

Les données qui peuvent conduire à une solution de ce problème sont fournies par la manière dont se comportent des sédiments d'une autre nature qui se trouvent parfois inclus parmi de telles couches alternes.

Dans les terrains qui, dans l'estuaire de la Bidassoa, marquent le passage du Danien à l'Éocène, on peut observer que des lits gréseux sont associés aux calcaires solides et aux couches phylliteuses de la manière suivante : sur le calcaire solide repose directement le lit gréseux qui lui-même est surmonté de la couche phylliteuse; on ne voit jamais, dans cet horizon, un calcaire solide surmonter directement un lit gréseux sans l'intermédiaire d'une couche phylliteuse; très souvent il y a passage, de bas en haut, de la couche phylliteuse au calcaire solide.

Quand sont réunis ces trois types de dépôts, un cycle de sédimentation est ainsi mis en évidence qui comprend un sédiment grossièrement détritique, auquel succède un sédiment phylliteux, donc finement détritique, surmonté d'un calcaire plus ou moins pur, mais franc.

Le sédiment grossièrement détritique est un grès à ciment calcaire qui possède une faune qui lui est propre. Il s'agit de grès à Milioles, ou à Truncatulines, ou à Bryozoaires. Le caractère en est tout littoral. Or il repose sur un sédiment calcaire dont le caractère est franchement pélagique.

Parmi les couches du Danien on observe, dans la région d'Hendaye, là où il n'y a pas de grès intercalés, des lits de caractère bréchique dans lesquels des morceaux de calcaire solide se trouvent emballés dans un

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1063.

sédiment phylliteux. D'ailleurs, en d'autres points (région de Pau), certains faciès du Danien se montrent constitués de calcaires à Globigérines dans lesquels sont inclus des organismes de caractère littoral ou tout au moins sublittoral. D'où il appert que dans le cours de la sédimentation, à l'époque dont nous considérons les terrains, des matériaux qui normalement eussent dû se déposer près des côtes furent entraînés au large; entraînement qui fut parfois assez violent pour provoquer le remaniement d'un dépôt calcaire au moins partiellement consolidé.

Ces faits qui témoignent à la fois d'un ordre suivi par les régimes de sédimentation et de phénomènes singuliers dans le dépôt de certaines couches répondent, me semble-t-il, à l'hypothèse suivante :

La « terre ferme » et l' « océan » s'opposent comme deux aires correspondant chacune à deux compartiments de la croûte terrestre qui jouent l'un contre l'autre et de telle manière que l'on peut considérer que l'un, celui du continent, s'élève, ou que l'autre, celui de l'océan, s'abaisse. Le jeu se fait par saccades brusques.

Un tel mouvement « élevant » la masse continentale par rapport au niveau de la mer provoque à sa surface une phase de creusement et donc de déblaiement : des matériaux terrestres gagnent la mer et sont entraînés au large, où ils se déposent; un sédiment phylliteux se forme. Une phase de remblaiement sur terre fait nécessairement suite, et, progressivement, à la phase de déblaiement : le calcaire solide qui a pour cause principale le milieu marin et les réactions qui s'y produisent représente précisément cette phase de remblaiement.

A l'aurore d'une phase de déblaiement, la saccade peut produire des mouvements mécaniques brusques de la masse d'eau océanique : des sédiments littoraux sont entraînés au large qui reposeront directement sur les dépôts pélagiques — la structure des grès témoigne d'une sédimentation en eaux agitées —, des couches à caractères bréchiques pourront se former comme conséquence du ravinement et du démantellement des calcaires solides par l'afflux violent des matériaux d'origine terrestre.

L'hypothèse (¹) que je viens d'esquisser rend compte aussi d'apparentes anomalies à la succession des régimes de sédimentation que j'ai signalée plus haut.

Effectivement, dans les couches inférieures du flysch crétacé qui montrent

(¹) M. Paul Bertrand explique d'une manière analogue les cycles de sédimentation des bassins houillers. Cf. *Conférences de Paléobotanique*. Saint-Étienne, 1918.

une très grande analogie d'allure générale avec les couches supérieures du passage à l'Éocène, on voit que des calcaires à Foraminifères en relations étroites avec des brèches et dont la cause a même origine que celle qui a provoqué les brèches — calcaires formant une entité des plus curieuses et connus sous le nom de « dalles rubanées », qui sont comme l'homologue des grès dont nous parlions plus haut — se trouvent non pas au toit de calcaires solides, durs et compacts, quand ils existent, mais bien au mur de ceux-ci.

Les brèches et les dalles rubanées qui leur sont associées ne sont point formées, comme étaient les grès, de matériaux terrestres. Nous avons montré ailleurs (¹) que leurs matériaux étaient « océaniques » en ce sens que leur origine devait être cherchée vers le large dans une ride du sol sous-marin qui se formait ou s'accentuait. On comprend alors que la formation ou l'accentuation de cette ride doit avoir pour effet un mouvement de sens inverse du mouvement normal du compartiment océanique par rapport au compartiment continental, faisant « monter » le premier sur le second; qu'ainsi une phase de déblaiement sur terre se trouve interrompue, ou une phase de remblaiement prolongée, et que nécessairement un calcaire solide trouvant dans le milieu marin sa cause presque unique doive surmonter le sédiment qui est de la suite immédiate du mouvement du sol océanique.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les nuages liquides de l'Océan.* Note de M. I. **Thoulet**.

J'ai établi, pour le Pacifique, d'après les mesures prises par le *Challenger*, trois coupes verticales océaniques, chacune très sensiblement rectiligne et se raboutant entre elles. La première d'Ouest en Est suivant 36° lat. N (12 stations), entre le Japon et le nord de l'archipel Hawaï; la seconde du Nord au Sud, suivant 156° long. W (21 stations), passant par l'archipel Hawaï, Taïti et l'île Tubuaï; la troisième d'Ouest en Est, suivant 32° lat. S (12 stations), c'est-à-dire parallèle à la première, entre Tubuaï et Valparaiso. Pour chacune de ces sections ou profils en long, en employant la méthode graphique qui facilite considérablement les recherches, j'ai dressé quatre cartes des températures *in situ* θ par courbes isothermes, des densités *in situ* σ_θ par isopycnes et des densités normales σ_0 dont les

(¹) *Étude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye.* Paris, 1918.

décimales donnent la salure, par isohalines; enfin, pour l'extrême surface des eaux, le triple graphique des θ_θ, σ_θ et σ_0 se correspondant en chaque station. Ces cartes permettent de découvrir ou de vérifier à simple vue un certain nombre de faits généraux relatifs à la circulation des eaux jusqu'à une profondeur de 800 brasses (environ 1500m).

Dans l'impossibilité de montrer ces cartes, je suis forcé de passer ici sous silence de nombreuses remarques, et de ne m'occuper particulièrement que des nuages liquides dont j'ai d'ailleurs déjà abordé l'étude dans des publications antérieures.

Quand un important phénomène météorologique local de durée variable : pluie, insolation, vent, température, évaporation, apport intermittent ou continu d'un volume considérable d'eau douce à l'embouchure d'un fleuve, etc., se manifeste à la surface de l'Océan, il donne naissance à une masse d'eau ou nuage liquide, quelquefois très grande, dont le σ_θ diffère plus ou moins du σ_θ de l'eau environnante. Plus léger, il s'étale immédiatement et se mélange à l'eau ambiante; plus dense, il conservera mieux sa compacité, descendra à travers l'atmosphère liquide comme monterait à travers l'atmosphère aérienne un nuage aérien plus léger. Pour l'un comme pour l'autre le déplacement vertical, dans un sens ou dans l'autre, se continuera jusqu'à la rencontre d'une couche de même densité complète. Il se fera alors un arrêt vertical en même temps qu'une diffusion et un déplacement plus ou moins horizontal prendra naissance.

Pour les nuages liquides, le σ_θ offre un double caractère à la fois thermique et salin, éléments différents agissant antagonistiquement mais absolument inséparables l'un de l'autre. Les cartes montrent que la mise en équilibre thermique est plus rapide que la mise en équilibre salin. Il existera donc des nuages liquides de divers genres, tantôt en équilibre thermique avec leur ambiance quoique en déséquilibre salin ou inversement et d'autres fois en déséquilibre thermique et en déséquilibre salin en même temps. Les uns et les autres se reconnaissent aisément sur les cartes et il en est de même du sens de leur marche et de leur diffusion, soit thermique, d'autant plus rapide que la différence des températures juxtaposées est plus grande, soit saline, pour une plus grande différence de salure.

Ces phénomènes, qui concernent la circulation de l'Océan et possèdent comme conséquence pratique immédiate les caractéristiques des migrations des poissons migrateurs, s'effectuent surtout, sinon uniquement, dans une zone troposphère liquide dont la limite inférieure, variable selon la localité et le moment, est aisément reconnaissable sur des cartes et des graphiques

des σ_0 de sondages densimétriques qui, effectués méthodiquement, dans des conditions convenables et en nombre suffisant, permettent de découvrir et par conséquent de prévoir avec de fortes probabilités les lois des changements, assez compliquées il est vrai, mais cependant moins que les lois correspondantes de l'océan aérien.

Dans le présent travail, le nombre infiniment faible des documents récoltés à la mer, surtout eu égard à l'immensité du Pacifique, n'autorise à établir qu'une simple esquisse des phénomènes étudiés cependant suffisante pour démontrer la valeur de la méthode employée. Il en serait tout autrement avec des documents plus nombreux judicieusement répartis sur un espace restreint. On serait alors en droit, pour l'étude des mouvements internes de l'Océan, d'espérer une précision aussi profitable à l'océanographie théorique qu'aux applications pratiques de cette science.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la notion d'interférence en météorologie dynamique.* Note [1] de MM. **Ph. Wehrlé** et **A. Viaut**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. *Caractères des cartes d'interférence.* — Sur certaines cartes de variations de pression on observe une « mosaïque » de hausse et de baisse dont l'aspect change complètement d'une carte à la suivante, comme dans un kaléidoscope se transforme l'image quand on tourne l'instrument. Grâce à ce défaut d'individualité persistante, on ne saurait confondre ces pseudo-noyaux avec de vrais noyaux de petite surface. Ces caractères sont plus ou moins nets suivant l'intervalle de variation considéré.

Corrélativement, on note sur les cartes d'isobares un morcellement exceptionnel des maxima et minima de pression. En outre, il est souvent difficile de les rattacher à des noyaux de variations; en d'autres termes, le rapport qui existe normalement (à la superposition du « champ » près) entre les topographies isobarique et isallobarique est troublé en cas d'interférence. Enfin, la confusion des systèmes nuageux est remarquable.

II. *Interprétation et analyse.* — Ces apparences proviennent de la superposition de deux perturbatious. Il ne s'agit parfois que d'un phénomène accidentel où n'interviennent que deux individus, mais le plus souvent on a affaire à la pénétration durable de deux courants ($C\rightarrow$, $C'\rightarrow$). Si les

---

(1) Séance du 17 novembre 1924.

périodes T et T′ sont du même ordre de grandeur, on observera tantôt l'effet de « mosaïque » (superposition de noyaux de signes contraires), tantôt un approfondissement (superposition de noyaux de même signe).

Si l'écart entre T et T′ est important ($T < T'$), C→ se trouvera « noyé » alternativement dans les domaines de hausse et de baisse de C′→ [1]. Par exemple, dans le domaine de hausse de C→, les hausses de C′→ seront renforcées et les baisses éteintes (parfois même ces baisses ne se traduiront que par des « faiblesses » entre des maxima de hausses).

Si $T' \# \frac{T}{2}$, la « séparation » des deux courants est facile, grâce à l'intervalle de variation privilégié T′ qui éteint l'onde C′→ et saisit l'onde C→ dans son amplitude intégrale. Malheureusement les cas sont fréquents où $T' \# T$. On en est alors réduit à rechercher les « réapparitions » de noyaux au delà de la zone d'interférence. On obtient aussi de bons résultats en suivant avec soin les discontinuités elles-mêmes.

Nous avons essayé, pour obtenir une meilleure séparation d'employer des variations de variations. Si l'on suppose, bien entendu, l'onde de pression sinusoïdale, ces variations doubles satisfont à des règles qui se déduisent de celles des variations simples en y substituant la période à la demi-période et la somme des deux intervalles à l'intervalle. Disposant de deux intervalles (i, i') on peut théoriquement éteindre à la fois une onde et renforcer l'autre, même si $T \# T'$, en prenant $i \# \frac{T}{2}, i' \# T'$. Si $i' = T'$, C′→ disparaît et l'amplitude de C→ est multipliée par $4 \sin \frac{T'}{T}$, c'est-à-dire augmentée, à moins que T′ diffère T de moins de $\frac{1}{10}$. Dans la pratique les résultats sont médiocres à cause des écarts de l'onde réelle par rapport à une onde sinusoïdale, qui influent plus sur les variations doubles que sur les variations simples.

III. *Types d'interférence. Conclusion.* — On peut distinguer dès maintenant :

1° Les insertions d'*un individu* étranger dans un *courant* de perturbations, comprenant : *a*. l'insertion d'une formation « en vague » dans le courant auquel appartient la perturbation mère, par interférence avec une

---

(1) En effet, la vitesse des perturbations pouvant être considérée en première approximation comme constante, λ (diamètre des noyaux) est grossièrement proportionnel à $\frac{T}{2}$ (demi-période).

des perturbations suivantes; *b.* l'insertion d'un cyclone d'origine tropicale dans le front polaire (cas du 26-27 août 1924).

2° Les interférences de *deux courants comprenant :*

a. La circulation d'un courant de perturbation autour d'un centre d'action négatif à déplacement lent. Ce type présente avec une netteté remarquable l'aspect noté ci-dessus dans le cas où T et T' sont très différents. Il passe des noyaux de baisse caractérisée (dans la zone où il n'y a pas recouvrement par la hausse de grande longueur d'onde), et les systèmes nuageux ont des Alto-Stratus de corps véritable. Parfois le centre d'action négatif constitue un système fermé et les perturbations arrivent à faire un tour complet (cas du 20-23 août 1924).

b. La pénétration de deux courants. — Il est rare que les courants se dépassent nettement l'un l'autre; généralement l'un des deux vient mourir dans la zone d'interférence. Nous en avons indiqué des exemples remarquables (¹) : α. F' → et F'' → (branches du front polaire embrassant un anticyclone scandinave); β. F' → (branche dérivée du front polaire) et M' → (pseudo-front méditerranéen).

Nous avons montré ailleurs (¹) que le front polaire n'était pas unique, qu'il fallait considérer ses dédoublements et même des pseudo-fronts entièrement indépendants. Les courants de perturbation existant simultanément en Europe occidentale sont souvent au nombre de trois; on conçoit que cette coexistence provoque de nombreuses interférences. En particulier M → existe très souvent et l'on trouve la clef de la plupart des situations complexes de France en cherchant une interférence de M → et de F' →.

Il y a des régions d'interférences privilégiées (la France par exemple) au confluent de courants de perturbations normaux. Il y a des situations favorables aux interférences : en effet, celles-ci sont particulièrement fréquentes lors des changements de régime, l'élément de tête du nouveau courant interférant souvent avec les derniers échos du courant antérieur.

Le phénomène de l'interférence est très fréquent et de soudaines aggravations de perturbations — au premier abord inexplicables — lui sont dues.

(¹) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Les courants de perturbation et le front polaire* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 285) et les *Les pseudo-fronts polaires* (*Ibid.*, t. 179, 1924, p. 1183).

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le déplacement des fronts de discontinuité.* Note de M. L. **Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

Si un front de discontinuité (¹) est respectivement chaud ou froid, l'énergie des masses d'air qu'il délimite est la plus grande du côté chaud ou du côté froid. Son déplacement s'exécute dans le sens allant de la masse d'air douée de la plus grande énergie vers celle dont l'énergie est minimum et, comme l'énergie est sujette, de part et d'autre, à des fluctuations, un front se déplace rarement d'un mouvement continu et uniforme. Nous avons signalé, dans une précédente Note (²) le cas du front « saharien » qui peut osciller de la mer Méditerranée aux confins du Sahara, tout en conservant une direction sensiblement parallèle à la chaîne de l'Atlas. Suivant que l'énergie des vents tropicaux ou des vents méditerranéens l'emporte, il est à tour de rôle front chaud ou front froid. A des latitudes plus élevées, on a des exemples de fronts chauds s'arrêtant puis rétrogradant par suite d'un afflux d'air froid à leur partie antérieure. Ils se sont ainsi transformés en fronts froids parce que l'énergie de la masse d'air chaud est devenue insuffisante pour surmonter celle de la masse d'air froid. En Afrique du Nord, par contre, le Sahara joue le rôle d'un foyer servant à alimenter le secteur chaud, et le conflit entre les masses d'air en présence peut se prolonger avec des alternatives de supériorité d'un côté ou de l'autre.

L'énergie des masses d'air est difficile à évaluer numériqnement d'une façon simple, comme il convient pour les besoins de la prévision. Nous avons ainsi été conduit à étudier un procédé donnant rapidement le sens et la grandeur du déplacement des fronts ou, plus généralement, le sens de transformation de l'énergie.

En construisant les vecteurs représentatifs de la différence géométrique des vitesses du vent, observées en chaque station à deux instants assez rapprochés, et en traçant ensuite les courbes enveloppes de ces vecteurs, on obtient une représentation synoptique suffisamment approchée du champ

(¹) Voir J. Bjerknes et H. Solberg, *Les conditions météorologiques de la formation de la pluie. L'évolution des cyclones et la circulation atmosphérique, d'après la théorie du front polaire* (*Mémorial de l'Office national météorologique de France*, n° 6, 1923, p. 1-104).

(²) *Sur l'application de la frontologie aux dépressions sahariennes* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 64).

des forces en présence. On remarque alors que, de part et d'autre d'un front chaud (froid), les lignes de force sont dirigées de façon que les composantes normales au front des vecteurs situés du côté chaud (froid) sont supérieures à celles des vecteurs situés du côté opposé. Si, en particulier, les lignes de force sont normales à un front d'un certain côté et tangentes du côté opposé, le mouvement du front s'accélère dans le sens allant du premier vers le second côté. Si les composantes normales des vecteurs s'équilibrent de part et d'autre du front, celui-ci reste stationnaire.

Pour résumer ce qui précède, nous dirons que :

1° Un front se déplace dans le sens donné par la résultante des forces normales appliquées aux masses d'air contiguës ;

2° Le déplacement d'un front mesuré normalement à lui-même est d'autant plus rapide que ladite résultante est plus grande.

L'application de ces règles permet de prévoir la transformation d'un front chaud en un front froid et sa rétrogradation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le cycle du chromosome somatique dans* Listera ovata. Note (¹) de M. P. **Martens**, présentée par M. Guignard.

Des recherches antérieures sur le *Paris quadrifolia* (²) nous avaient amené à modifier ou à préciser un certain nombre de points touchant la division, la structure et le cycle évolutif des chromosomes somatiques. Des recherches nouvelles, entreprises depuis plusieurs années, sur le *Listera ovata*, nous ont permis d'obtenir un ensemble de résultats dont nous signalons, dans cette Note préliminaire (³), les plus importants.

Le cycle vital d'un chromosome somatique de *Listera* peut être résumé *très sommairement* comme suit :

Au début de la prophase, chaque chromosome comporte un corps homogène ou « boudin de fond », non structuré, *achromatique*, et un élément structuré, filamenteux, zigzagant et chromatique (l'élément *chromonématique*) qui en occupe le pourtour. Ainsi constitué, le chromosome s'allonge et s'étire, l'élément achromatique se ramassant, pour ainsi dire, suivant les principales travées chromonématiques. Le chromosome passe ensuite par une période inverse de *raccourcissement*, dont les premiers

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

(²) *La Cellule*, t. 32, 2ᵉ fascicule, 1923, p. 331-428.

(³) Le Mémoire *in extenso* paraîtra dans un autre recueil.

stades semblent coïncider avec l'acquisition d'une certaine symétrie bilatérale et au début de laquelle se réalise la bipartition de la matière chromatique; cette dernière est en quelque sorte refoulée sur les deux bords du ruban achromatique et y forme deux files longitudinales d'empâtements. Ces empâtements s'allongent alors et se rejoignent bout à bout, le long des bords du ruban, reconstituant deux *fibres chromatiques parallèles;* de plus, le raccourcissement du chromosome total se poursuivant, chacune de ces fibres se replie sur elle-même et devient ainsi ondulée, puis dentelée et *zigzagante.* Le ruban achromatique se divise alors longitudinalement, ce qui achève la division chromosomique proprement dite. A partir de ce moment surtout, on constate une *chromaticité croissante* de chacun des « boudins de fond », due sans doute à une imprégnation par la matière nucléolaire, — chromaticité qui arrive à voiler *progressivement* et bientôt totalement (fin de la prophase) le tracé chromonématique en zigzag. Lorsque plus tard les chromosomes-filles se dégagent du tassement polaire (début de la télophase), la chromaticité du « boudin de fond » *s'atténue au contraire progressivement* dans chacun d'eux et le filament chromonématique zigzagant redevient discernable.

Le matériel de chromatine s'organise alors, — d'une façon plus ou moins régulière et absolue, — suivant deux lignes longitudinales de bordure, et le noyau entre en interphase. Déjà, au cours de celle-ci, la matière chromatique montre les indices, dans chaque chromosome, d'une *concentration suivant une ligne maîtresse* simple et zigzagante, et les effets de cette concentration apparaissent tout à fait nettement dès que les chromosomes s'écartent un peu les uns des autres et que le noyau entre en véritable prophase.

De ce cycle chromosomique, il résulte :

1° Que la division du chromosome est un phénomène *prophasique* et non télophasique; que la télophase peut amener, dans le chromosome, une dualité chromatique réelle, mais que celle-ci n'a rien à voir avec la vraie division longitudinale, le stade prophasique des « longs filaments minces » comportant des éléments incontestablement indivis;

2° Que les chromosomes comportent, à tous les stades, *deux constituants morphologiques distincts;* — que ceux-ci évoluent parallèlement au cours de la cinèse et ne se transforment jamais l'un dans l'autre; — que toute explication de la division chromosomique doit tenir compte de cette dualité;

3° Que les aspects zigzagants ou spiralés, observés à l'intérieur des chromosomes anaphasiques ou télophasiques, ne sont pas le résultat d'une *néoformation;* — qu'ils proviennent simplement de la *réapparition* d'un élément

préexistant absolument semblable, formé nécessairement par les phénomènes prophasiques, bien décelable à ce stade, et passagèrement voilé dans la suite;

4° Que le cycle évolutif d'un chromosome somatique de *Listera* concorde, dans l'ensemble, avec celui d'un chromosome somatique de *Paris*, mais qu'entre les deux espèces il existe certaines différences dans la chronologie des phénomènes.

Nos recherches ont montré également :

a. Que la bipartition chromatique ne résulte, ni d'une *alvéolisation* axiale du « filament mince » suivant tous les contours de celui-ci, ni de la bipartition individuelle d'un certain nombre de granules chromatiques ou *chromomères* disposés linéairement sur un filament achromatique, l'aspect de *file double* d'empâtements ne dérivant aucunement d'un aspect de *file simple ;*

b. Que l'élément chromatique se montre de nature *filamenteuse* dès les premiers stades de la prophase (stade des « bandes » prophasiques) et qu'il ne réalise, dans le chromosome à ce stade, ni des plaquettes empilées de chromatine, ni des parois de vacuoles ou d'alvéoles, qu'il en est de même à la télophase;

c. Que les chromosomes ne comportent pas la « gaine » décrite par *Bolles-Lee* ou par *Metz ;* — qu'ils ne forment pas un spirème continu; — qu'ils ne subissent jamais une division transversale;

d. Que les observations et les arguments invoqués récemment et tendant à infirmer la réalité du tassement polaire ne paraissent pas valables.

Enfin, des observations et des expériences faites sur des noyaux au repos, de diverses espèces, étudiés *sur le vivant*, nous ont montré que la structure réticulée-filamenteuse, observée dans les noyaux au repos *fixés*, est décelable, au même stade, dans les noyaux *vivants*, observés dans de bonnes conditions d'examen, — toute possibilité d'illusion d'optique ou d'altération du matériel étant écartée; — que cette structure doit être considérée comme naturelle; — que les fixateurs *ne la créent pas* et ne font qu'en accentuer la visibilité et la netteté. Elles ont montré en même temps que la structure d'un chromosome au début de la prophase n'est que celle, faiblement modifiée, d'un chromosome en interphase et que la structure d'un chromosome interphasique n'est que celle, faiblement modifiée, d'un chromosome en télophase; qu'il faut donc admettre une certaine *persistance morphologique des structures chromosomiques* d'une cinèse à l'autre, y compris pendant la période d'interphase.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la relation entre la « capacité absolue de l'air » et le degré d'acidité des sols forestiers.* Note (¹) de MM. **K. Kvapil** et **A. Němec**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Les propriétés physiques des sols forestiers sont d'une importance fondamentale pour leur fertilité. C'est en particulier la « capacité absolue de l'air » (volume des pores du sol qui, après la saturation du sol par l'eau, restent encore remplis d'air) qui mérite des études détaillées. Il va sans dire que la quantité d'oxygène, contenu dans le sol, représente une des circonstances agissant le plus sur le développement de l'ensemble des êtres qui habitent ce sol (bactéries, moisissures, protozoaires, algues, etc.) et en conséquence influence les changements biochimiques qui s'y accomplissent. Depuis quelque temps, on attribue à la réaction du sol une certaine importance dans la vie de ses microbes et dans les phénomènes biochimiques provoqués par eux. Dans une Note précédente (²), nous avons montré que la réaction des sols forestiers dépend de particularités du peuplement. Dans la présente étude, nous avons cherché à dégager l'influence du peuplement sur la capacité absolue de l'air des sols forestiers et les relations possibles qui existent entre celle-ci et le degré d'acidité de la terre végétale forestière.

Dans ce but, nous avons déterminé la capacité absolue de l'air dans les terres végétales des divers peuplements forestiers, en nous servant d'une modification de la méthode Kopecky-Burger (³) et en étudiant en même temps le degré d'acidité de la même couche par la méthode colorimétrique déjà décrite (²).

Parmi les résultats nombreux (plus de 100) de nos recherches, nous en avons choisi quelques-uns, qui ont été obtenus dans les régions des forêts du St. Markyta de Jindrichuv Hradec et de Závratec-Tremosnice en Bohême, régions situées sur les roches primaires; on les trouvera rassemblés dans le tableau suivant :

(¹) Séance du 17 novembre 1924.

(²) A. Němec et K. Kvapil, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 260.

(³) I. Kopecky, *Fysikální vlastnosti pudní* Praha, 1905. — H. Burger, *Mitt. schweiz. Centralanstalt förstl. Versuchswesen*, t. 13, 1922, p. 1-221.

Peuplement.	Acidité. PH.	Capacité absolue de l'air pour 100.
Peuplements de conifères :		
Sapin, peuplement âgé de 40 ans, sol sans végétation......	4,5	14,41
Épicéa, peuplement serré, âgé de 50 ans, sol sans végétation.	4,6	26,59
Épicéa, peuplement clair, âgé de 90 ans, avec volée d'épicéa.	4,9	33,51
Épicéa, sapin, peuplement serré, âgé de 80 ans, sans végétation........	4,85	32,51
Épicéa, pin sylvestre, peuplement âgé de 40 ans, clair, sol couvert d'un tapis de végétation........	5,0	38,08
Peuplements feuillus purs :		
Hêtre, peuplement âgé de 90 ans, clair, avec une volée de hêtre........	5,7	22,66
Chêne pédonculé, peuplement serré de 40 ans, sol sans végétation........	6,0	30,09
Frêne, culture de 15 ans, serrée, sol avec peu de végétation.	6,2	30,78
Hêtre, peuplement serré de 40 ans, sol sans végétation....	6,3	30,42
Frêne, peuplement de 40 ans, serré, sol sans végétation...	6,7	45,33
Peuplements mixtes :		
Hêtre-Épicéa, peuplement âgé de 70 ans, serré, sola ns végétation........	4,65	37,95
Hêtre-Épicéa, peuplement serré de 65 ans, sol couvert de mousse........	4,7	44,93
Épicéa-Chêne pédonculé, culture serrée, âgée de 25 ans. Végétation : Calluna vulg........	4,8	33,95
Épicéa-Hêtre, peuplement serré de 50 ans, sol sans végétation........	4,95	44,77
Hêtre-Chêne pédonculé-Epicéa, âgé de 60 ans, sol sans végétation........	5,1	35,70

On voit, par ces résultats, que la capacité absolue de l'air des peuplements serrés à feuilles persistantes est plus basse que les autres et qu'elle décroît quand augmente l'acidité de la terre végétale. Dans les sols des peuplements clairs de conifères, la capacité absolue de l'air est plus élevée. Dans les sols des peuplements feuillus, on peut remarquer que la capacité absolue de l'air est, en moyenne, plus élevée que celle du sapin et de l'épicéa, et l'on peut noter la relation inverse pour l'acidité de la terre végétale. Dans les peuplements mixtes, la relation entre la capacité absolue de l'air et l'acidité est moins marquée, quoique en général la capacité absolue de l'air soit plus élevée.

CHIMIE AGRICOLE ET BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide sulfurique dilué dans les champs de céréales.* Note de M. E. **Rabaté**, présentée par M. Lindet.

Depuis 1907 nous étudions l'effet, dans les champs de céréales, de pulvérisations d'acide sulfurique dilué qui agissent, à la fois, sur la terre, sur les plantes et sur divers parasites.

Action sur les sols. — L'attaque des matériaux du sol est rapide; par temps sec, les sulfates formés apparaissent en poudre blanche.

Après le traitement, la concentration en ions hydrogène augmente dans les sols décalcifiés (¹), mais l'argile colloïdale atténue les brusques variations d'acidité du sol (²).

L'action de l'acide sulfurique sur les minéraux, les matières organiques et les microorganismes, et aussi les modifications concomitantes des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ne sont pas complètement élucidées.

Toujours est-il que la fertilisation ainsi réalisée se traduit par un sensible accroissement de récolte. Toutefois, en sol sec, le traitement, suivi d'une longue période sèche, peut diminuer le rendement, de sorte que les pulvérisations hâtives sont à préférer pour les terres légères et dans les régions chaudes.

Action sur les plantes. — L'acide sulfurique n'est pas toxique; c'est un déshydratant. Il agit d'autant plus que les organes touchés sont plus jeunes, plus tendres, plus gorgés d'eau. De même, l'action devient plus marquée avec une évaporation active due à un air sec, chaud, agité, éclairé.

Dans les champs de céréales d'hiver traités au mois de décembre ou au mois de janvier en Italie et en Provence, du 15 janvier au 15 mars dans le Béarn, la Gascogne, la Vendée, la Bretagne, du 1er mars au 15 avril dans le Berry, la Touraine, la Beauce, on pulvérise, en moyenne par hectare, 1000^l de solution à 10 pour 100 en volume d'acide sulfurique à 65° Baumé.

Dans ces conditions, par temps sec, diverses mauvaises herbes sont rapidement brûlées et détruites : renoncule des champs, ravenelle, matricaire, luzerne apiculée, toutes plantes qui, à l'état jeune, ont des feuilles étalées, molles, assez faciles à mouiller, avec bourgeon terminal bien apparent à la surface du sol.

(¹) Brioux, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 74.

(²) Demolon et Mlle Dupont, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 300.

Le coquelicot, l'aiguille, la nielle, les vesces et les gesses sauvages, le bleuet sont détruits avec des solutions à 10, 12 ou 14 pour 100. Dans la Beauce, le traitement avec 1200^l à 12 pour 100 paraît le plus recommandable. Au contraire, les froments déchaussés commencent à souffrir avec des doses de 7 à 8 pour 100.

Pour les avoines et les orges de printemps, à traiter de préférence quand elles ont trois feuilles, dans la seconde quinzaine d'avril pour le centre de la France, une solution à 4 pour 100 d'acide à 65° suffit pour une destruction complète des sanves ou moutardes.

Un essai préliminaire, sur parcelles d'un are mouillées avec 10^l de solution, permet, en quelques jours, de déterminer la dose la plus favorable.

Un litre d'acide à 65° peut être remplacé par $1^l,25$ d'acide à 60° ou par $1^l,55$ d'acide à 52°.

L'ail, le muscari, les chiendents, l'ivraie, la folle avoine résistent au traitement.

Les céréales, à feuilles lisses, érigées, couvertes de cutine, dont l'épi est caché au centre d'un fourreau, sont légèrement brûlées et blanchies, mais, en définitive, souffrent peu de la pulvérisation acide. Elles produisent des tiges solides et des épis pleins dont la maturité est retardée de quelques jours.

Action sur le piétin du blé. — Nous avons observé l'efficacité des solutions d'acide sulfurique contre les limaces, la cuscute, les mousses, les algues.

Mais nous tenons surtout à mettre en lumière les résultats obtenus dans la préservation contre les champignons qui causent le piétin du blé.

En 1913, dans nos champs d'expériences d'Agen et de Boé (Lot-et-Garonne), les différences étaient extrêmement frappantes entre les parcelles traitées ou non traitées.

Les parcelles témoins présentaient des tiges faibles, souvent coudées à la base, presque coupées en pied par le *Leptosphæria herpotrichoïdes*.

Au contraire, dans les parties traitées avec 1000 litres de solution sulfurique à 10 pour 100, par hectare, les épis étaient gros, les tiges hautes, robustes, droites, et il fallait chercher pour trouver quelques chaumes noircis en pied.

En outre, et c'est là l'essentiel au point de vue pratique, sur les parcelles traitées les taches noires à la base étaient superficielles, sans effet sensible sur les tiges restées solides.

Diverses hypothèses ont été émises pour expliquer cette action de l'acide sulfurique. Il provoque une action déshydratante des tissus, un court arrêt de croissance, un pin-

cement, un meilleur éclairement (M. Fron), une diminution de l'humidité superficielle retenue par les feuilles. L'acide peut détruire les germes du champignon, ou bien la céréale, mieux nourrie, devient plus résistante. M. Capus admet que les gaines des feuilles de blé desséchées par l'acide forment un fourreau protecteur.

Quoi qu'il en soit, de nombreux résultats, dans diverses régions, notamment ceux relevés en 1924 à la suite d'essais organisés par l'Office agricole d'Eure-et-Loir et la Compagnie des chemins de fer de l'État, ont confirmé cette action utile du traitement à l'acide contre le piétin-*Leptosphæria* ou piétin-verse.

D'après Mlle Gaudineau et M. Guyot, ce traitement serait également efficace contre le piétin des « épis blancs », causé par l'*Ophiobolus graminis* qui pourrit le collet de la plante.

Résultats. — Des milliers de wagons d'acide sulfurique sont maintenant employés, chaque année, dans les champs de céréales.

La fertilisation du sol, la destruction des mauvaises herbes, la préservation contre certains parasites, comme ceux qui causent le piétin du blé, se traduisent par un accroissement moyen de récolte de 200^{kg} à 300^{kg} de grain par hectare, parfois beaucoup plus, pour une dépense totale actuelle inférieure à 100 francs.

ANATOMIE. — *Sur les phénomènes de fluorescence déterminés dans les tissus par la lumière de Wood. Application à l'histologie de l'ovaire humain.* Note de M. **A. Policard**, présentée par M. Roux.

Les radiations de longueur d'onde 3650 Å, c'est-à-dire à la limite du visible et de l'ultraviolet invisible, isolées par un filtre de verre au nickel dans la lumière émise par un arc au mercure (lumière de Wood), déterminent au niveau des tissus des fluorescences singulières signalées à l'origine par Wood (1) et étudiées plus récemment à Montpellier par Pech, Derrien et Turchini (2). Ainsi, sous l'influence de ces radiations sélectionnées, la cornée et les milieux transparents de l'œil montrent une fluorescence verdâtre, de même que les ongles, certaines régions de la peau. Le pelage d'un rat blanc, placé sous la lampe, apparaît comme lumineux. La coquille

(1) Wood, *Journal de Physique*, 5e série, t. 9, 1924, p. 77.

(2) Derrien, *Bull. Soc. chim.*, t. 35, 1924, p. 687; *C. R. Soc. Biol.*, t. 91, 26 juillet 1924, p. 634. — Derrien et Turchini, *C. R. Soc. de Biol.*, t. 91, 29 juillet 1924, p. 637.

d'un œuf est rouge, comme aussi certains points d'ossification des os (Derrien et Turchini). L'étrangeté de ces phénomènes m'a engagé à en tenter une application à l'étude histologique des tissus.

J'ai utilisé comme source de radiations une lampe en quartz Georges, modèle Gallois (arc au mercure dans l'argon) et, comme filtre sélecteur, deux plaques de verre au nickel (type Pyrex). Ces deux filtres superposés laissent passer surtout la radiation 3650 Å, mais aussi, en plus petite quantité, les radiations moins intenses 3340 et 4040 (déterminations par Nogier au spectrographe de Féry). La filtration n'est donc pas aussi pure qu'avec le véritable écran de Wood qui ne livre passage qu'aux radiations de 3650 Å, avec des traces de 3340. Malheureusement le prix élevé de cet écran ne m'a pas permis de l'utiliser.

Les radiations sont concentrées par un dispositif convenable sur la platine d'un microscope stéréoscopique de Greenough.

L'examen des coupes histologiques proprement dites ne donne pas de très bons résultats. Il est beaucoup plus intéressant d'examiner en lumière transmise une tranche de section parfaitement plane faite avec un bon couteau de microtome dans un organe frais ou fixé au formol.

La surface de section étant éclairée par les radiations sélectionnées, ses diverses parties apparaissent avec des fluorescences de teintes très diverses. L'image obtenue diffère beaucoup de celle qu'on a en lumière ordinaire. Ainsi d'intéressantes constatations sont permises.

Par exemple, la coupe fraîche d'un sarcome de Rat (Souche Institut Pasteur) apparaît uniformément blanche à la lumière ordinaire. A la lumière de Wood, la partie périphérique de la tumeur est blanc de neige; par contre le centre est rouge vif. Le phénomène est probablement en rapport avec la présence d'hématoporphyrine, qui donne sous ces radiations une fluorescence rouge, signalée par Dhéré et Sobolewski (¹) et par Derrien (²).

Il était intéressant d'appliquer cette technique fluoroscopique à l'étude des parties constitutives d'un organe d'une grande complexité, tel par exemple l'ovaire humain.

A la lumière de Wood, le strome de l'ovaire apparaît d'un blanc légèrement bleuâtre. Au niveau de la couche corticale plus dense, la teinte est

---

(¹) Dhéré et Sobolewski, *C. R. Soc. de Biol.*, t. 70, 1er avril 1911, p. 511.
(²) *Loc. cit.*

plus bleuâtre et la translucidité moins grande. Les follicules se détachent comme des parties plus claires. Quelques-uns semblent limités par une mince bordure linéaire jaunâtre. La cavité folliculaire apparaît, suivant les cas, comme remplie d'une substance transparente ayant un aspect nébuleux en quelques points ou bien par une masse vitreuse bleuâtre et transparente. Il semble que les follicules de ce type sont atrésiques. Dans ces ovaires opératoires, en général pathologiques, beaucoup de follicules sont anormaux et présentent ce contenu bleu et transparent.

Les *corpora albicantis* sont d'un bleu intense qui tranche sur le fond plus blanc du strome. Toutes ces formations de nature conjonctive sont, à la lumière de Wood, d'une translucidité très grande qui s'oppose à leur opacité à la lumière ordinaire.

Les corps jaunes à la période d'état sont d'un blanc assez pur, ou blanc jaunâtre, et d'un aspect général opaque qui contraste avec la translucidité du strome. Dans les corps jaunes kystiques la bordure lutéinique est d'apparence granuleuse et jaune claire. Les cellules lutéiniques ne sont pas transparentes; elles sont ternes. On distingue parfaitement, à la surface externe de la couche lutéinique, une assise différente d'un jaune plus clair, qui correspond vraisemblablement à la partie du tissu lutéinique provenant de la thèque. Les régions des follicules qui renferment du sang sont noires et très opaques. La règle est générale : le sang est toujours opaque, et noir par conséquent, avec cette méthode d'examen.

Les corps jeunes en régression (ou les gros follicules atrésiques) présentent un aspect assez curieux. Les éléments lutéiniques prennent une teinte jaunâtre qui va en s'accentuant peu à peu. Les traces des anciens épanchements sanguins conservent un aspect opaque et sombre. Ils prennent peu à peu un aspect granuleux qui correspond à la formation des dépôts ferrugineux constatée par les méthodes histochimiques.

Quelques corps jaunes en régression (ou anciens follicules atrésiques) offrent une teinte rouge vif.

Les corps fibreux et les corps hyalins sont d'un bleu accentué et fort translucides : d'où un aspect caractéristique.

Tels sont les résultats des premiers examens faits à l'aide de cette technique nouvelle. Ils paraissent des plus encourageants pour l'avenir de la méthode histofluoroscopique.

ZOOLOGIE. — *Sur la transmission de la variation chez les Rotifères du genre* Brachionus. Note de M. **P. de Beauchamp**, présentée par M. Ch. Gravier.

La variation du *Brachionus cluniorbicularis* portant sur l'apparition d'épines latéro-inférieures, que j'ai étudiée dans la Note précédente (¹), se transmet par la reproduction parthénogénétique normale dans une mesure assez faible : à titre d'exemple, sur 29 individus à épines, 5 ne renfermaient dans leur postérité que des animaux sans épines, 24 ont donné des épineux, mais parfois en très petit nombre par rapport aux autres, et il est tout à fait exceptionnel que même la première génération en soit composée uniquement. Il résulte de ceci qu'elle s'efface en peu de temps si de nouvelles mutations ne se produisent pas, et je n'ai jamais réussi à la fixer par la sélection, si prolongée fût-elle. Elle ne paraît pas non plus être cumulative, et accroître la longueur des épines de génération en génération.

L'apparition des femelles arrhénotoques, puis donnant après fécondation les œufs durables, se produit tout à fait indépendamment de la variation, et sans que ses causes soient plus apparentes (on sait que les avis sont encore contradictoires sur son déterminisme; récemment Tauson a émis, pour *Asplanchna*, l'idée qu'elle était déclenchée par une variation brusque de la composition du milieu, quel qu'en fût le sens). En tout cas, dans mes expériences, les arrhénotoques peuvent présenter les différentes formes que j'ai indiquées, et il n'y a aucun parallélisme dans les deux modifications.

Les influences héréditaires dans les œufs fécondés sont difficiles à apprécier, car les mâles pygmées, qui sont semblables dans toutes les espèces de Brachions, ne montrent aucune trace visible du caractère; *a priori* ils peuvent sans doute transmettre celui de l'arrhénotoque dont ils sont issus. Les conditions spéciales de la fécondation et la difficulté d'obtenir à coup sûr l'éclosion des œufs durables rendront très difficile l'étude des croisements. Que la fécondation ait néanmoins une action, c'est ce que prouve l'expérience suivante : dans une culture en masse apparurent, en février dernier, à la suite d'un repiquage, des individus ayant la plus grande longueur d'épines que j'aie encore observée, $\frac{2}{3}$ de celle de la carapace sans les épines. Certains d'entre eux formèrent des œufs durables qui furent isolés, desséchés, puis remis en eau. Il n'en sortit que 3 individus, *sans épines*, mais dont la postérité montra une proportion tout à fait anormale d'indi-

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1207.

vidus à épines, souvent aussi longues que chez le premier progéniteur. Elle se conserva, avec des différences d'un bac à l'autre, pendant 3 mois (39 pour 100 sur l'ensemble des exemplaires dénombrés). Pendant ce temps la culture mère retombait à une proportion de moins de 1 pour 100, et une autre lignée cultivée dans des conditions identiques en donnait moins encore.

Enfin, dans ces expériences, je n'ai encore jamais obtenu de formes à très longues épines pouvant être qualifiées de *Br. Bakeri* sensu stricto. Je soupçonne, malgré la continuité alléguée des intermédiaires naturels, que ces formes, qui diffèrent des précédentes par d'autres caractères de la carapace et de la coque des œufs durables, appartiennent en réalité à une espèce actuellement distincte. Les formes à épines moyennes, comme celles dont j'ai parlé plus haut, qui correspondent à peu près au *Br. brevispinus*, pourraient être de deux origines dans la nature. En tout cas, *Br. Bakeri* a une éthologie différente ; on ne le trouve que pendant l'été, et je n'ai pas encore réussi à le cultiver indéfiniment. J'ai néanmoins élevé pendant 2 mois, dans des conditions identiques, deux variétés provenant de deux mares éloignées, et constaté que, pendant ce temps, non seulement elles n'avaient pas formé d'épines notablement plus courtes, mais encore elles avaient conservé les petites différences qui les séparaient. J'ai constaté également, sur d'autres types, que le groupement actuel des formes de Brachions en espèces est fort imparfait et que la méthode des cultures, accompagnée d'une critique des structures plus approfondie qu'elle n'a été faite jusqu'à présent, le modifiera considérablement.

En somme et sans vouloir exagérer la portée de ces premiers résultats, ni les généraliser à d'autres Rotifères, la variation des Brachions apparaît comme un phénomène discontinu, sans doute déclenché par des facteurs ou plutôt des variations de facteurs externes, mais sans lien spécifique au moins avec ceux que j'ai pu expérimenter jusqu'à présent et largement dépendant des facteurs internes d'une lignée ou d'un individu, surtout chez ceux issus d'une fécondation qui paraît la fixer dans une certaine mesure. Elle aurait donc le caractère de mutation réversible plutôt que celui de fluctuation continue qu'on aurait tendance à attribuer *a priori* à un phénomène de ce genre. Il y aura lieu de préciser ces résultats par des méthodes encore plus rigoureuses, et de rechercher par quels procédés (différences éthologiques et de vitalité entre les diverses formes?) ils peuvent se relier au fait incontestable de la variation saisonnière dans la nature en rapport plus ou moins intime avec celle des conditions extérieures. C'est ce que je m'efforcerai de faire par la suite.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la vie en eau salée sur le développement de la rate chez les Poissons.* Note de Mlle **France Gueylard**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours de recherches sur l'adaptation des Poissons aux changements de salinité, nous avions été conduite à déterminer, pondéralement, quel était le développement de la rate, par rapport au corps, chez les Poissons d'eau douce ([1]). Nous avons fait des mesures analogues sur des Poissons de mer, en suivant la même technique et avec les mêmes précautions. Nous avons examiné les espèces ci-après : Murène (*Murœna helena*), Congre (*Conger vulgaris*), Rascasse (*Scorpœna scrofa*), Mulet (*Mugil capito*); les nombres recueillis sont portés au Tableau I :

Tableau I.

Murène.

Poids total (en gr).	Poids de la rate (en gr).	Poids de la rate pour 100.
385	0,1985	0,051
285	0,1877	0,065
542	0,3295	0,060
705	0,2982	0,042
662	0,3358	0,050
495	0,2769	0,056
204	0,0599	0,030
	Moyenne....	0,050

Congre.

Poids total (en gr).	Poids de la rate (en gr).	Poids de la rate pour 100.
575	0,2339	0,040
315	0,1439	0,045
317	0,1328	0,042
190	0,0798	0,042
	Moyenne....	0,042

Rascasse

Poids total (en gr).	Poids de la rate (en gr).	Poids de la rate pour 100.
68,5	0,0247	0,036
72,5	0,0480	0,066
141	0,0295	0,020
230	0,1289	0,056
192	0,1506	0,078
149	0,0551	0,037
307	0,1587	0,052
270	0,0989	0,036
173	0,0898	0,052
249	0,1057	0,043
520	0,1905	0,036
357	0,1538	0,043
368	0,1395	0,038
305	0,0564	0,018
	Moyenne....	0,043

Mulet.

Poids total (en gr).	Poids de la rate (en gr).	Poids de la rate pour 100.
58	0,0408	0,070
37	0,0301	0,080
22	0,0207	0,094
17	0,0116	0,068
26	0,0142	0,055
33	0,0251	0,076
30	0,0218	0,072
	Moyenne....	0,073

([1]) F. Gueylard, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 917; *Arch. Phys. biol.*, t. 3, 1924, p. 163-179.

Rapprochons les moyennes ainsi obtenues de celles que nous ont données quelques espèces d'eau douce (Tableau II) :

TABLEAU II.

Poissons de mer.		Poissons d'eau douce.	
Espèce.	Poids de la rate (pour 100).	Espèce.	Poids de la rate (pour 100).
Murène..........	0,050	Goujon..........	0,065
Congre..........	0,042	Perche..........	0,120
Rascasse..........	0,043	Gardon..........	0,200
Mulet..........	0,073	Carpe..........	0,225
		Cyprin..........	0,240

On voit que, dans l'ensemble, les nombres trouvés pour les Poissons de mer sont très nettement inférieurs à ceux que donnent les Poissons d'eau douce. Si l'on excepte le goujon, on a, comme valeur moyenne, environ 0,200 pour ces derniers, au lieu de 0,050 pour les Poissons de mer. La différence est importante.

Mais y a-t-il un lien de cause à effet entre la vie en eau salée et ce moindre développement de la rate? Un fait semble l'indiquer; c'est la diminution de poids très marquée que subit la rate chez les Poissons adaptés aux changements de salinité que l'on transporte de l'eau douce dans l'eau salée. Signalé déjà pour l'Épinoche (*Gasterosteus leiurus*, Cuv. et Val.) ([1]), ce phénomène nous a été révélé de nouveau par l'Anguille dans les conditions suivantes :

Chez l'Anguille d'eau douce, le poids moyen de la rate, ramené à 100g de poids total, est 0g,200 environ ([2]). Un séjour de plusieurs jours dans l'eau salée ne paraît pas modifier cette valeur de façon sensible. Mais un séjour prolongé agit nettement. Voici, en effet, les nombres que nous ont fournis des Anguilles, maintenues pendant *dix mois* en eau de mer courante, dans l'aquarium du musée de Monaco ([3]).

([1]) F. GUEYLARD, *loc. cit.*

([2]) F. GUEYLARD, *Arch. Phys. biol.*, t. 3, 1924, p. 184.

([3]) Notons que le sérum de ces Anguilles a le même point de congélation que celui des Anguilles sortant de l'eau douce : $\Delta = -0°,64$.

Poids total (en gr.).	Poids de la rate (en gr.).	Poids de la rate pour 100.
410	0,2805	0,068
272	0,2167	0,080
84	0,0357	0,042
90	0,0436	0,048
82	0,0537	0,065
66	0,0305	0,046
92	0,0457	0,050
96	0,0470	0,049
	Moyenne	0,056

La moyenne trouvée, 0,056, est notablement inférieure à celle que nous indiquons pour les Anguilles d'eau douce (0,200). La différence est très nette; elle est, en outre, absolument du même ordre de grandeur que la différence observée entre les poissons vivant normalement dans l'eau douce et ceux qui habitent la mer.

Le séjour dans les milieux à salinité élevée paraît donc entraîner chez les Poissons une réduction dans le développement de la rate.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Modifications du sang au cours du choc anaphylactique.* Note [1] de MM. **Léon Blum**, **Maurice Delaville** et **Van Caulaert**, présentée par M. Widal.

D'après la doctrine la plus répandue actuellement, le choc anaphylactique serait la conséquence de modifications profondes du plasma sanguin. On a en effet établi qu'au cours du choc la réaction du sang devient plus acide, que la réserve alcaline baisse, que le taux du chlore, du sodium et du calcium diminue. Toutefois le phénomène essentiel serait l'altération des colloïdes du plasma; cette altération ne serait pas d'ordre chimique, mais d'ordre physique; ce processus, Widal et Abrami l'ont défini d'un mot, qui en soulignant le bouleversement de l'équilibre physique des colloïdes plasmatiques, ne préjuge en rien de son mécanisme intime : la colloïdoclasie; d'après Kopaczewski et Lumière, il s'agirait de la formation de floculats.

Pour obtenir quelques éclaircissements sur ces changements, nous avons

(1) Séance du 17 novembre 1924.

eu recours à l'ultrafiltration. Nous avons examiné le sang prélevé au cours du choc anaphylactique (choc peptonique chez le chien, choc séroanaphylactique chez le lapin et choc chez les malades atteints de maladie de sérum ou d'asthme anaphylactique).

Parmi les substances minérales dont nous avons étudié jusqu'ici l'ultrafiltration, le calcium présente les changements les plus constants et les plus caractéristiques. Alors que dans un plasma normal le taux du calcium ultrafiltrable varie selon l'espèce animale entre 45 et 60 pour 100 du calcium total, au cours du choc 75 à 100 pour 100 du calcium sont ultrafiltrables; il est fréquent que la totalité du calcium passe dans le filtrat.

Pour montrer la netteté de ce phénomène, nous citerons l'exemple suivant : le plasma d'un sujet atteint d'asthme anaphylactique renferme le matin à 9h, 59 pour 100 de calcium ultrafiltrable; 12 heures plus tard, le malade fait une crise d'asthme provoquée par l'ingestion d'albumine animale : le taux du calcium ultrafiltrable est de 100 pour 100.

Au cours de nos recherches faites sur le choc expérimental nous avons pu constater que le changement de l'ultrafiltrabilité du calcium survient brusquement et qu'il disparaît rapidement avec la régression des accidents morbides.

Par sa netteté et sa constance cette modification du calcium ultrafiltrable nous paraît être un critérium du choc anaphylactique permettant de le différencier d'états voisins dont il était impossible de les séparer jusqu'ici.

Mais ce qui fait l'intérêt tout particulier de ce phénomène, c'est qu'il nous renseigne sur les changements que subit le complexe colloïdal (protéinique) auquel le calcium non ultrafiltrable est lié. Le départ du calcium de ce complexe révèle un changement de la réaction du colloïde. La modification physico-chimique du calcium nous mène ainsi à la conclusion qu'au cours du choc anaphylactique il se produit un changement de la réaction des colloïdes protéiques ou du moins de certains d'entre eux.

Autant que nous avons pu le voir jusqu'ici cette modification est intimement liée au changement du P_H et à l'abaissement de la réserve alcaline, et nous nous proposons de rechercher quels sont les rapports mutuels entre ces phénomènes.

A 16h, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, dans la Division des Académiciens libres, par le décès du prince *Bonaparte*, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **Paul Séjourné**.
En seconde ligne. . . . . M. **Jean Charcot**.
En troisième ligne, *ex æquo*, *par ordre alphabétique* . . . . MM. **Charles Achard**, **Louis Martin**.

L'Académie ajoute à la liste précédente les noms de MM. **Paul Helbronner** et **Henri Pottevin**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Ch. Lallemand** est élu vice-président de l'Académie pour l'année 1925.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P. Appell** et **L. Guignard** sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 4 décembre 1924 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Georges Claude** pour occuper, dans la Division des Applications de la science à l'industrie, la place vacante par la mort de M. *H. de Chardonnet*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Georges Claude** prend place parmi ses Confrères.

M. **P. Painlevé** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de M. **Paul Dumanois**, intitulé : *Moteurs à combustion interne*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Daniel Berthelot** fait hommage à l'Académie du *Traité d'Électricité atmosphérique et tellurique*, qui vient de paraître sous les auspices de la 6e Section du Comité français de Géodésie et de Géophysique.

L'ouvrage a été publié sous la direction de M. **Mathias**, Correspondant de l'Académie, qui en a rédigé le plan, en a écrit plusieurs des chapitres les plus importants et a assuré la coordination des chapitres dus à des auteurs différents. Une pléiade de spécialistes de valeur, MM. Bosler, Dongier, Girousse, Loisel, Maurain, Mesny, ont bien voulu lui apporter leur concours désintéressé.

Précédé d'une Préface de M. Berthelot, président de la 6e Section, l'ouvrage est divisé en trois parties. La première partie est consacrée aux phénomènes électriques dont l'air est le siège, mais qui n'en troublent pas la sérénité (champ électrique de l'atmosphère, conductibilité et ionisation atmosphérique, mobilité des ions, radioactivité de l'air). La seconde partie traite des météores électriques (foudre, feu de Saint-Elme, aurore boréale) ainsi que des précipitations électriques et des perturbations électromagnétiques dues aux ondes d'origine naturelle ou artificielle. La troisième partie a pour objet l'électricité tellurique (courants telluriques d'origine naturelle ou artificielle, matières radioactives de l'écorce terrestre et chaleur qu'elles dégagent).

Le texte est accompagné de nombreuses illustrations. Chacun des chapitres est suivi d'une bibliographie étendue et bien à jour.

Ce livre vient à son heure, car la Physique du globe qui, avant 1920, n'était pas enseignée dans nos Universités, vient d'être introduite dans la plupart d'entre elles. Il rendra service aux étudiants et aux chercheurs.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un académicien libre en remplacement de M. le prince *Bonaparte* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 71,

M. Paul Séjourné	obtient.	42	suffrages
M. Jean Charcot	»	27	»
M. Charles Achard	»	1	suffrage
M. Louis Martin	»	1	»

M. **Paul Séjourné**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. **Widal** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie dans laquelle M. le maréchal Pétain remettra le cordon de grand'croix de la Légion d'honneur à M. **Bergonié**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, le 14 décembre 1924, à Bordeaux.

PLIS CACHETÉS.

M. **Stéphane Lwoff** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 janvier 1922 et inscrit sous le n° 8953.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Télégraphie sans fil. Émission par battements.*

(Renvoi à l'examen de M. Ferrié.)

CORRESPONDANCE.

M^me^ V^ve^ **Claude Guichard** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

M^me^ **Hélène Metzger** et MM. **Pierre Chevenard**, **Marcel Crozet-Fourneyron**, **Alexandre Dufour**, **Georges Dupont** et **Maurice Vezes**, **Antoine Foillard**, **Edgard Haudié**, **Michel Hubert**, **Achille Le Bel**, **Camille Matignon**, **Charles Maurain**, **Paul Montel**, **Clément Vaney** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Félix Arago** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *E. Bertin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cours d'Astronomie appliquée et Géodésie professé à l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie,* par H. Roussilhe. (Présenté par Ch. Lallemand.)

2° *Livre jubilaire offert au professeur Émile Forgue à l'occasion de sa quarantième année d'enseignement.* (Présenté par M. Bazy.)

3° *Notes sur les Fougères*, par Henri Gadeau de Kerville.

4° *Bulletin de l'Association technique maritime et aéronautique*, n° 28 (session de 1924).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions $V_{m,n}$ d'Hermite à indices imaginaires.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Paul Appell.

Soit, dans l'espace à quatre dimensions, le changement de variables

$$x = \rho u, \qquad y = \rho v, \qquad z = \rho \cos\varphi \sqrt{1 - u^2 - v^2}, \qquad t = \rho \sin\varphi \sqrt{1 - u^2 - v^2},$$

où les hypersurfaces $\rho = \text{const.}$ sont des hypersphères $u = \text{const.}$ et $v = \text{const.}$ des hypercônes. Si l'on cherche une solution de l'équation de Laplace $\Delta V = 0$, de la forme

$$R(\rho)\, U(u, v) \overset{\sin}{\underset{\cos}{}} m\varphi,$$

on est amené à l'équation

$$\left[(1 - u^2)\frac{\partial^2 U}{\partial u^2} - 2uv\frac{\partial^2 U}{\partial u\, \partial v} + (1 - v^2)\frac{\partial^2 U}{\partial v^2} - 3u\frac{\partial U}{\partial u} - 3v\frac{\partial U}{\partial v}\right] R + \frac{U}{\rho}\frac{d}{d\rho}\left(\rho^3 \frac{dR}{d\rho}\right) - \frac{m^2 UR}{\sqrt{1 - u^2 - v^3}} = 0.$$

Pour éliminer les termes en ρ, on peut prendre $R = \rho^n$: on est alors conduit à une fonction harmonique finie pour toute valeur finie de ρ, c'est-

à-dire sur toute hypersphère : c'est la fonction de Laplace connue, qui amène aux fonctions hypersphériques. Mais si nous voulons une fonction harmonique finie sur tout hypercône (sauf peut-être à l'origine), il nous faudra prendre pour R une fonction ne croissant pas indéfiniment avec ρ; nous y parviendrons en faisant

$$R = \rho^{-1} \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\, q \log\rho,$$

q étant un entier quelconque. L'équation aux dérivées partielles de la fonction U, que nous appellerons dès lors *fonction hyperconique*, sera, en nous bornant aux fonctions *zonales* (le cas général s'y ramène d'ailleurs par des dérivations),

$$(1)\qquad (1-u^2)\frac{\partial^2 U}{\partial u^2} - 2uv\frac{\partial^2 U}{\partial u\,\partial v} + (1-v^2)\frac{\partial^2 U}{\partial v^2} - 3u\frac{\partial U}{\partial u} - 3v\frac{\partial U}{\partial v} - (4q^2+1)U = 0.$$

Or, les polynomes $V_{m,n}(x, y)$ d'Hermite, généralisation des polynomes de Legendre, vérifient l'équation

$$(2)\qquad (1-x^2)\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - 2xy\frac{\partial^2 V}{\partial x\,\partial y} + (1-y^2)\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} - 3x\frac{\partial V}{\partial x} - 3y\frac{\partial V}{\partial y} + (m+n)(m+n+2)V = 0,$$

que l'on rendra identique à l'équation (1) en prenant pour m et n, non plus des entiers, mais des nombres complexes de la forme

$$-\frac{1}{2} + i\mu, \quad -\frac{1}{2} + i\nu \qquad (\mu \text{ et } \nu \text{ entiers}).$$

Le rôle de fonctions hyperconiques peut donc être joué par des extensions, à indices imaginaires, des polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite. On rapprochera avec intérêt ce fait, comme nous le faisons dans les tableaux suivants, de résultats connus dans l'espace ordinaire ou analogues dans l'hyperespace.

I. — *Trois dimensions.*

Fonctions.	Fonctions P_n de Legendre.	
Sphériques	n entier	
Toroïdales	$n = \frac{1}{2} + p$	p entier
Coniques	$n = -\frac{1}{2} + ip$	p entier

II. — *Quatre dimensions.*

Fonctions.	Fonctions $V_{m,n}$ d'Hermite.		
Hypersphériques....	m, n, entiers		
Hypertoroïdales.....	$m = \frac{1}{2} + \mu$,	$n = \frac{1}{2} + \nu$	μ, ν entiers
Hyperconiques......	$m = -\frac{1}{2} + i\mu$,	$n = -\frac{1}{2} + i\nu$	μ, ν entiers

L'introduction des fonctions $V_{m_1, m_2, \ldots}$ de Didon permet une généralisation immédiate pour un nombre quelconque de dimensions.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions de la classe I (Baire).* Note de M. A. **Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

Soit

(1) $$f_1(x),\quad f_2(x),\quad f_3(x),\quad \ldots \qquad (a \leqq x \leqq b)$$

une suite de fonctions de la classe I (au sens de Baire) qui converge vers la fonction

(2) $$f(x) \quad \text{sur} \quad (a \leqq x \leqq b).$$

Nous posons le problème suivant:

« Trouver la condition nécessaire et suffisante pour que $f(x)$ soit de la classe I. »

Nous démontrons le théorème suivant :

« Si, étant donnés les nombres $\varepsilon > 0$ et $N > 0$, et l'intervalle (α, β) dans (a, b), il est possible de trouver dans (α, β) un intervalle $(x_0 - \delta_n, x_0 + \delta_n)$ tel que $|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon$ pour tout $n > N$ et pour $|x - x_0| < \delta_n$; alors la fonction $f(x)$ est de la classe I et inversement. »

1. La condition indiquée est suffisante.

Soit $E_{\varepsilon,n}$ l'ensemble des points où l'oscillation de $f_n(x)$ est $\geqq \varepsilon$.

Comme $E_{\varepsilon,n}$ est non dense, il est possible de trouver dans l'intervalle donné (α, β) un intervalle (α_n, β_n) qui est libre des points de $E_{\varepsilon,n}$.

A cause de notre condition il existe dans (α_n, β_n) un intervalle $(x_0 - \delta_n, x_0 + \delta_n)$ tel que

(3) $$|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < \varepsilon_n \quad \text{et} \quad n > N.$$

De plus, nous avons

(4) $$|f_n(x) - f_n(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x_0 - x| \leqq \delta'_n \qquad (\delta'_n \leqq \delta_n).$$

Comme la suite (1) converge au point x_0, nous avons

(5) $$|f(x) - f_n(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad n > N'.$$

Soit

$$N'' = \max(N, N') \quad \text{et} \quad 0 < h < \delta'_n;$$

alors en posant $n > N''$, nous avons [de (3), (4) et (5)]

$$|f(x) - f(x_0)| \leqq |f(x) - f_n(x)| + |f_n(x) - f_n(x_0)| + |f(x_0) - f_n(x_0)| < 3\varepsilon.$$

Donc

(6) $$|f(x) - f(x_0)| < 3\varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < h.$$

Comme les intervalles $(x_0 - \delta'_n, x_0 + \delta''_n)$ sont en leur ensemble partout denses, nous avons de (6) que $f(x)$ est ponctuellement discontinue (donc de la classe I).

2. La condition est nécessaire.

Soient $f(x)$ de la classe I; E_ε l'ensemble des points où l'oscillation de $f(x)$ est $\geqq \varepsilon$.

L'ensemble $G = \sum_{n=1}^{\infty} E_{\varepsilon,n} + E_\varepsilon$ est sûrement un ensemble de la première catégorie.

Donc son complémentaire CG est partout dense sur (a, b). Soit (α, β) un intervalle quelconque. Dans l'intervalle (α, β) il existe des points de CG. Soit x_0 un tel point.

Nous avons

(7) $$|f_n(x) - f_n(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < h_n$$

et

(8) $$|f(x) - f(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < h.$$

De (7), (8) et (5), nous avons

$$|f(x) - f_n(x)| \leqq |f(x) - f(x_0)| + |f(x_0) - f_n(x_0)| + |f_n(x) - f_n(x_0)| < 3\varepsilon,$$

Donc

(9) $$|f(x) - f_n(x)| < 3\varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < \delta_n = \min h, h_n.$$

Nous avons bien notre condition.

Notre théorème est démontré.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques problèmes de Laplace.* Note de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Au Chapitre VI du Livre II de sa *Théorie analytique des probabilités*, Laplace a étudié longuement, et par des moyens différents, quatre types de problèmes.

Nous avons indiqué, dans une Note antérieure (¹), comment une méthode élémentaire pouvait permettre de résoudre les problèmes des deux premiers types.

Il n'est pas inutile de montrer que cette méthode est assez générale pour donner également la solution des deux autres types, qui se ramènent très simplement au second.

II. *Premier type.* — Sur m naissances on a trouvé r garçons. Quel est le degré de certitude que la naissance d'un garçon est plus probable que celle d'une fille ?

Les données m et r définissent ce que nous avons appelé une *zone de probabilité*. En comparant cette zone à la probabilité fixe $\frac{1}{2}$, on obtient le degré de certitude cherché et le résultat s'accorde avec celui trouvé par Laplace.

Laplace a également indiqué, mais seulement par un résultat numérique, sans justification, que la probabilité de baptême d'un garçon semblait, à Paris, être plus proche de l'unité que dans l'ensemble de la France.

Nous avons comparé la zone de probabilité au rapport $\frac{22}{43}$, admis alors pour la France.

Le résultat n'eût été altéré qu'à partir de la 72ᵉ décimale si nous avions cherché le degré de certitude que la probabilité réelle de baptême d'un garçon était comprise entre 0,5 et $\frac{22}{43}$.

Le degré de certitude que cette probabilité réelle est comprise entre deux limites données est, évidemment, l'*excès sur l'unité* du total obtenu en additionnant le degré de certitude que la probabilité réelle est inférieure à la limite la plus élevée et le degré de certitude qu'elle est supérieure à la limite la plus basse.

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1695.

III. *Deuxième type.* — On a trouvé, dans une ville, r garçons sur m naissances et, dans une autre ville, r' garçons sur m' naissances. Quel est le degré de certitude qu'une différence existe dans les probabilités de naissance d'un garçon relatives à ces deux villes ?

La solution est obtenue par la comparaison des deux zones de probabilité (m, r) et (m', r'). Notre formule (6) donne la probabilité à laquelle il convient de comparer l'une ou l'autre des deux zones.

On est ramené au type précédent.

IV. *Troisième type.* — Le recensement d'une partie de la France a donné une population m et r naissances annuelles. Supposant que le nombre annuel des naissances soit r' pour la France entière, et ayant pris comme population totale la quantité proportionnelle $\frac{r'm}{r}$, quel est le degré de certitude P que l'erreur sur cette évaluation ne dépassera pas la valeur ε ?

Il suffit de poser $m' = \frac{r'm}{r} \pm \varepsilon$ et de comparer la zone hypothétique (m', r') à la zone observée (m, r) pour obtenir le degré de certitude que la première est incompatible avec l'existence d'une probabilité réelle constante.

En appliquant aux données numériques de Laplace [1], nous trouvons, pour P, 0,99556 et 0,99596 (selon le signe de ε), au lieu de 0,99914 (résultat de Laplace).

V. *Quatrième type.* — On a obtenu, en un certain nombre d'années, r garçons sur m naissances. Quel est le degré de certitude que la supériorité des naissances de garçons se maintiendra, chaque année, pendant un siècle ?

Laplace admet que si le degré de certitude de cette supériorité pendant une année est P, celui de la persistance pendant un siècle sera P^{100}.

Pour avoir P, il suffit, le nombre annuel m' des naissances étant constant, de supposer que la limite inférieure des naissances de garçons est atteinte, c'est-à-dire que l'on a $r' = \frac{m'}{2}$.

En comparant les zones (m, r) et (m', r'), on obtient P; mais, comme notre méthode donne des résultats moins distants de 0,5 que celles de Laplace, la répercussion de cette différence sur P^{100} est importante.

---

(1) *Œuvres complètes*, 2e Partie, t. 7, p. 401.

ASTRONOMIE. — *Un nouvel instrument pour la détermination de l'heure et de la latitude.* Note de M. E. **Paloque**, présentée par M. H. Andoyer.

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'instrument permettant l'observation du passage simultané de deux astres dans le même azimut. Les avantages que présenterait ce mode d'observation, en vue de la détermination de l'heure et de la latitude, sont incontestables et ont été signalés à maintes reprises. Nous avons cherché les moyens de réaliser pratiquement un tel instrument par un dispositif dont voici le principe.

L'axe optique d'une lunette se maintient horizontal indépendamment de l'observateur. A cet effet on peut faire flotter la lunette sur un bain de mercure, ou encore la suspendre par un couteau analogue à celui d'une balance de précision de manière à lui assurer le maximum de sensibilité, tout en évitant l'inconvénient des oscillations grâce à l'emploi d'un amortisseur sans influence sur la position d'équilibre. En outre la lunette et son support sont renfermés dans une enveloppe qui les met à l'abri de l'agitation atmosphérique; un oculaire redresseur est fixé à cette enveloppe.

Les images de deux étoiles vues simultanément dans la lunette se présentent sous la forme non de points, mais de petites lignes; le plan défini par chacune de ces lignes-images et le centre optique de l'objectif reste normal à la direction de l'étoile correspondante. Ce résultat est atteint sans que l'on ait à faire intervenir la stabilité ni la rigidité de l'instrument, mais en se basant seulement sur la constance des angles de deux prismes. Le type de prisme adopté dérive du prisme pentagonal modifié de la manière suivante.

L'une des faces principales est une portion de cylindre de grand rayon dont la génératrice est perpendiculaire à celle du prisme; le rayon est calculé de manière que la longueur de chaque ligne-image corresponde à un arc de 5′ environ.

Le prisme pentagonal, d'un usage courant en optique, présente deux faces dites principales rectangulaires; deux autres argentées et vernies forment entre elles un angle de 45° tronqué au voisinage du sommet. Un rayon de direction quelconque tombant sur l'une des faces principales subit deux réflexions, et sort de l'autre face principale suivant une direction qui se déduit de la première par une rotation de 90° autour d'un axe parallèle aux arêtes du prisme.

L'instrument comporte deux prismes pentagonaux dont la face princi-

pale plane est normale à l'axe horizontal de la lunette et qui peuvent tourner autour de cet axe indépendamment l'un de l'autre. Chacun d'eux est muni pour son calage d'un cercle divisé; convenablement orientés ils renvoient parallèlement à l'axe les rayons de deux astres situés dans un même plan vertical. Le prisme le plus éloigné couvre entièrement l'objectif, l'autre n'en couvre qu'une moitié, d'une manière symétrique par rapport à son centre; sa largeur n'est donc que les deux cinquièmes environ de la largeur du premier et il intercepte une partie des rayons qui en sortent. L'ensemble de l'instrument est mobile autour d'un axe vertical.

Deux gros fils parallèles horizontaux très rapprochés sont disposés dans le plan focal de la lunette et fixés à celle-ci de telle sorte que leur milieu soit sur l'horizontale du centre optique de l'objectif; ils partagent les lignes-images en trois tronçons; l'observation consiste à noter l'instant où les parties intermédiaires de ces lignes se coupent en leur milieu. A ce moment les deux astres sont dans le même azimut.

Il sera nécessaire d'apporter une correction à l'heure notée, car, d'une part, les angles théoriques des prismes ne peuvent être réalisés avec une précision absolue et, d'autre part, l'axe optique de la lunette n'est pas rigoureusement horizontal; il en résulte trois constantes instrumentales qui sont facilement mesurées indépendamment des observations par un dispositif micrométrique. D'ailleurs, les conditions de l'observation restant les mêmes, cette correction change seulement de signe quand on fait tourner l'instrument de 180°; on pourra donc, dans une série d'observations, éliminer en grande partie l'influence des constantes, qui n'auront besoin d'être connues qu'avec une précision inférieure à celle qu'on est en droit d'attendre de l'instrument.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'arrivée dans le système solaire d'un astre étranger*. Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Hadamard.

Je veux ici compléter les résultats obtenus dans des travaux précédents et relatifs aux trajectoires du problème des trois corps (¹). Supposant que

(¹) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, t. 39, 1922, p. 29-130 : une proposition, énoncée sans démonstration (p. 32, en note), est erronée, et rectifiée par les résultats énoncés ici.

dans ce problème le mouvement n'est pas arrêté par un choc ([1]), j'ai démontré que, quand le temps croît indéfiniment sur une trajectoire donnée dans un sens donné, chacune des trois distances mutuelles peut présenter seulement les quatre cas qui suivent : ou bien elle est infiniment grande d'ordre 1 par rapport au temps, ou bien elle est infiniment grande d'ordre 2 : 3, ou bien elle est bornée supérieurement, tout comme le rayon vecteur du problème des deux corps; à l'exception peut-être de trajectoires, dont l'existence reste douteuse, et sur lesquelles indéfiniment tantôt les trois distances mutuelles sont inférieures à une longueur fixe, tantôt l'une d'entre elles est inférieure à une longueur fixe et les deux autres deviennent supérieures à toute longueur fixée à l'avance.

Ces résultats comportent le complément suivant. Représentons le mouvement des trois masses m_1, m_2, m_3 dans l'espace à douze dimensions en prenant comme coordonnées d'un point de cet espace les trois coordonnées rectangulaires x, y, z de la masse m_2 par rapport à la masse m_1, les trois coordonnées ξ, η, ζ de la masse m_3 par rapport au centre de gravité des masses m_1 et m_2, et les six dérivées par rapport au temps x', y', z', ξ', η', ζ'. Et posons

$$h = \frac{1}{2}\,\frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}\,\mathrm{S}x'^2 + \frac{1}{2}\,\frac{(m_1+m_2)m_3}{m_1+m_2+m_3}\,\mathrm{S}\xi'^2 - \frac{m_2 m_3}{r_{23}} - \frac{m_3 m_1}{r_{31}} - \frac{m_1 m_2}{r_{12}}.$$

Les trajectoires du problème des trois corps divisent l'espace à douze dimensions en cinq continua. Dans l'un, le continuum *extérieur*, situé dans la région $h > 0$, chaque trajectoire suivie dans les deux sens est *hyperbolique :* les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 par rapport au temps. Dans le continuum *intérieur*, situé dans la région $h < 0$, dans chacun des deux sens où l'on peut suivre chaque trajectoire, ou bien les trois distances mutuelles sont bornées, ou bien cette trajectoire est de

---

([1]) Nous écartons les trajectoires aboutissant à un choc des trois coups, et situées dans l'espace à douze dimensions sur une multiplicité algébrique à neuf dimensions (puisque sur ces trajectoires les trois constantes des aires dans le mouvement par rapport au centre de gravité sont nulles). Les trajectoires conduisant à un choc de deux corps peuvent être continuées au delà de ce choc par le prolongement analytique de M. Sundman : les résultats énoncés s'étendent aux trajectoires ainsi prolongées. Mais il est clair que les conséquences qu'on peut tirer de ces résultats ont d'autant moins de valeur pratique que les trois corps ou deux d'entre eux deviennent plus voisins, et que la loi de Newton et le prolongement de M. Sundman représentent moins exactement les actions mutuelles et les mouvements de la réalité.

l'espèce exceptionnelle définie plus haut. Dans les trois autres continua, traversés chacun par la multiplicité algébrique $h = 0$, chaque trajectoire suivie dans les deux sens est *hyperbolique-elliptique :* deux distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1, et la troisième, la même dans un même continuum, est bornée.

Les frontières de ces trois derniers continua, multiplicités analytiques à onze dimensions, sont engendrées dans la région $h > 0$ par les trajectoires hyperboliques-paraboliques et dans la région $h < 0$ par les trajectoires paraboliques-elliptiques : ces frontières se rejoignent deux à deux sur la multiplicité $h = 0$, le long des trois multiplicités analytiques à dix dimensions engendrées par les trajectoires *paraboliques* (où les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 2 : 3).

Au point de vue théorique, dans un problème de Dynamique il est toujours important de relier les valeurs négatives très grandes et les valeurs positives très grandes du temps : qu'on se rappelle par exemple les efforts que Poincaré a consacrés à démontrer l'existence des solutions doublement asymptotiques dans le problème des trois corps. Au point de vue pratique, les résultats énoncés comportent les conséquences suivantes, dont l'application est immédiate avec une approximation supérieure aux approximations habituellement admises dans les hypothèses cosmogoniques.

Soit un système de deux corps, S et J, de masses quelconques, animés d'un mouvement elliptique d'excentricité quelconque, et soit un troisième corps M de masse quelconque, arrivant de l'infini dans une direction quelconque au voisinage des corps S et J.

Il est impossible que le corps M devienne satellite de l'un des corps S et J restant voisins, et plus généralement que le corps M reste indéfiniment au voisinage des corps S et J. C'est l'extension au cas général du problème des trois corps d'une proposition (¹) démontrée par Schwarzschild dans le cas où la masse du corps M est nulle : les conséquences qui suivent sont plus inattendues.

Il est impossible que le système des corps S et J soit disloqué par l'ar-

---

(¹) *Astronomische Nachrichten*, Band 141, 1896, p. 7. La proposition de Schwarzschild comportait une exception possible pour des trajectoires dont les points forment un ensemble de mesure nulle dans tout volume fini de l'espace à six dimensions où est représenté le mouvement de la masse nulle; mais il y a continuité de l'allure finale des trajectoires considérées en fonction des conditions initiales, et l'exception indiquée par Schwarzschild ne saurait se présenter, quelle que soit d'ailleurs la valeur de la troisième masse.

rivée du corps M, et que les trois corps s'écartent indéfiniment dans des directions divergentes. Il est impossible enfin que le corps M devienne satellite du corps S (ou J), et que le système de deux corps ainsi formé s'écarte indéfiniment du troisième corps J (ou S).

Après l'arrivée du corps M au voisinage des corps S et J, il ne peut se produire d'autre circonstance que la suivante. *Le corps* M *reste au voisinage des corps* S *et* J *pendant un intervalle de temps plus ou moins long, mais fini, puis s'en éloigne indéfiniment. Les deux corps* S *et* J *restent voisins;* les éléments osculateurs de leur mouvement relatif peuvent être plus ou moins profondément modifiés, mais restent ou finalement redeviennent elliptiques.

En d'autres termes, si l'on suppose qu'il ne se produise pas de choc, et que les actions mutuelles se réduisent à l'attraction newtonienne, *le système solaire,* supposé réduit à deux points matériels représentant le Soleil et Jupiter, *ne saurait capturer une comète ou un astre de masse quelconque que temporairement, et ne peut non plus être disloqué par l'arrivée d'un astre étranger.*

RELATIVITÉ. — *Sur une formule de la théorie de la relativité.* Note de M. **Charles Henry**, présentée par M. D. Berthelot.

La théorie de la relativité, par la formule

(1) $$-\Delta\mu = \frac{QJ}{V^2},$$

relie une perte de masse $-\Delta\mu$ à la chaleur Q dégagée au cours d'une combinaison chimique, J étant l'équivalent mécanique d'une calorie, V la vitesse de la lumière. On peut établir cette équation par une théorie bien différente, qui a l'avantage de laisser intact le postulat de Lavoisier, ces masses n'étant pas de véritables masses et de relier ces $\Delta\mu$ aux variations de températures instantanées $\Delta\tau$ précédemment définies [1], qui sont un des facteurs de Δq [2] et à la constante de la gravitation; pour cela on s'appuie sur le modèle hydrodynamique de la masse, dérivé des expériences de Bjerknes

(2) $$\mu = 2\sqrt{\pi\rho}\,\beta^3\nu,$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 558.
[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2248.

β étant le rayon de la sphère pulsante ou du système vibrant, ν la fréquence, ρ la densité de l'éther.

La constante de la gravitation K n'est pas rigoureusement la même, suivant que les masses en présence sont de qualité chimique identique ou différente.

Pour des masses atomiques identiques, le plomb, par exemple, dans les expériences de Cavendish, à l'unité de distance

$$K_1 = 6,716.10^{-8}; \tag{3}$$

pour des masses atomiques différentes : mercure-fer, cuivre (Braun), plomb, or (Boys),

$$K_0 = 6,667.10^{-8}; \tag{4}$$

c'est la valeur classique. Les systèmes en présence étant homogènes dans le premier cas, hétérogènes dans le deuxième, les τ ne sont pas les mêmes; les K ne peuvent être les mêmes, car ils s'ajoutent aux atomes du fait des concordances de signes de leurs vitesses thermiques avec des vitesses électroniques nécessairement différentes, deux masses différentes, la première, μ_1, quand les atomes sont identiques, la deuxième, μ_0, quand ils sont différents, en fonction des τ respectifs. D'après (3) et (4), on a effectivement

$$\frac{K_0}{K_1 - K_0} = \frac{(1+\mu_0)^2}{(1+\mu_1)^2 - (1+\mu_0)^2} = \frac{1}{0,00734}, \tag{5}$$

et cette quantité diffère peu de

$$\frac{1}{0,00731} = \frac{1}{2\alpha} = \frac{u\,\Delta\theta}{2\,\Delta u},$$

$\frac{\Delta u}{u} = \frac{1}{273} = \alpha$ étant, pour un degré absolu de température, le coefficient de dilatation des gaz parfaits, $\frac{K_0}{K_1 - K_0}$ représente une diminution relative des covibrances, ce qui est d'accord avec l'incoordination caractéristique de la température; en raison de l'égalité, à la limite, de la température stationnaire θ et de τ, (5) devient

$$1 = \Delta\tau = \frac{2\,\Delta u}{u}\,\frac{1 + \mu_0^2 + 2\mu_0}{(\mu_1^2 + 2\mu_1) - (\mu_0^2 + 2\mu_0)}; \tag{6}$$

d'où

$$1 + \mu_0 = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sqrt{2\alpha}};$$

et, comme on peut écrire, n étant quelconque, M_1, M_0, des masses croissant avec n,

$$1+\mu_0=(2n+1+2\mu_0)-(2n+\mu_0)=M_1-M_0,$$

il vient

$$\mu_1-\mu_0=\sqrt{2\alpha}(M_1-M_0). \tag{7}$$

Considérons, au lieu d'atomes, des molécules et, dans le cas de la combinaison chimique, les fréquences atomiques dont elle dépend : mettons (2) sous la forme équivalente

$$M=2\sqrt{\pi\rho}\,v^3T^2; \tag{8}$$

$\sqrt{\rho}=7,51.10^{-9}$, T la durée de la vibration atomique, v une constante représentant la vitesse moyenne maxima des électrons circulant autour du noyau + et que l'on calcule par

$$v=\sqrt{\frac{e}{m}\frac{e}{r}}=2,171.10^8,$$

avec $e=4,248.10^{-10}$, $r=0,48.10^{-8}$, rayon de l'orbite moyenne minima de l'hélium et d'une molécule quelconque.

Considérons, à titre d'exemple, KCl pour Cl isolé, K isolé, on a, d'après (8), pour la somme des masses covibrantes, $M_1=8,37.10^{-8}$; pour Cl combiné, K combiné, $M_0=2,64.10^{-8}$. Dans le premier cas, Cl et K sont en présence de systèmes identiques; dans le deuxième, en présence de KCl système différent : d'après (7) on a $(\sqrt{2\alpha}=8,55.10^{-2})$

$$\Delta\mu=8,55.10^{-2}\times5,73.10^{-8}=4,89.10^{-9};$$

la formule (1) donne $4,87.10^{-9}$; on a : $\mu_1=7,156.10^{-9}$; $\mu_0=2,26.10^{-9}$; étant données ces valeurs, (6) se réduit à

$$\Delta\tau=\frac{\alpha}{\mu_1-\mu_0}=7,47.10^5; \tag{9}$$

c'est la température instantanée de formation de KCl, sur laquelle on retombe sensiblement par une voie indépendante.

Je dis que, pour $\mu_0=0$, (6) devient

$$\Delta\tau=1=\frac{\Delta u}{u}\,\frac{2}{\mu_1^2+2\mu_1}; \tag{10}$$

en effet, l'évolution de μ_0 vers o, c'est-à-dire une décroissance de l'hétéro-

gène, la probabilité d'émission d'un grain quelconque d'énergie $\mathcal{P}_\varepsilon = e^{-\frac{h\nu}{\lambda\theta}}$ tendant vers 1, n'est qu'une expression de l'évolution vers les grandes valeurs de $\lambda\theta$ définies par $\frac{V}{\lambda\theta} = \frac{\nu}{\theta}$ tendant vers zéro; comme alors ΔS tend vers zéro, il y a réversibilité; donc $\Delta\tau$ reste constant et égal à 1, pour $\mu_0 = 0$.

De (10) l'on tire $\mu_1 = 3,673.10^{-3}$; d'où, en remplaçant μ_1 par sa valeur dans (6), on obtient $\mu_0 = 1,516.10^{-5}$.

Par (9), connaissant $\Delta\tau$ et μ_1, on peut calculer μ_0 et par $\sqrt{\mu_0}$, d'après (8), le T_0 moyen du composé : résultat que l'on ne peut obtenir expérimentalement que pour les électrolytes, *avec les rayons restants*.

Ces masses diffèrent des masses vraies en ce qu'elles dépendent de la température (pour $\mu_0 = 0$, $\mu_1 = \frac{\alpha}{\theta}$; $\Delta\mu = 0$, pour $\Delta\tau = 0$).

On a $\beta_1^3 \nu_1^3 = \beta_0^3 \nu_0^3 = v^3 = 1,02.10^{25}$ avec $\beta_1^3 = 1,6.10^{-5}$, $\nu_1 = 8,596.10^9$; $\beta_0^3 = 4,26.10^{-9}$, $\nu_0 = 1,337.10^{11}$.

La perte de masse $\Delta\mu$ d'un atome quelconque à partir des combinaisons de l'atome d'hydrogène avec lui-même étant 8.10^{-3} (Aston), on trouve pour leur $\Delta\tau$ commun, $4,572.10^{-1}$, pour Q, $1,72.10^{11}$, $\Delta S = 2,43.10^{-5}$, $\lambda\theta = 8,75.10^{-25}$, d'où, avec $\lambda = 10^{-9}$, $\theta = 8,75.10^{-16}$, les λ variant entre 10^{-11} et 10^{-9}.

ÉLECTRICITÉ. — *Absorption des ondes électromagnétiques par la glace.* Note [1] de M. **Jean Granier**, présentée par M. Paul Janet.

Les résultats obtenus jusqu'à ce jour pour le pouvoir inducteur de la glace présentent de très grandes divergences. Je me suis proposé d'étudier systématiquement ce pouvoir inducteur et de rechercher si la glace possède dans le spectre électromagnétique une bande d'absorption.

Dans ce but, j'ai déterminé pour chaque fréquence la capacité C et la résistance R en dérivation dont l'ensemble absorbe le même courant que le condensateur à glace étudié avec le même angle de perte α (déphasage de la quantité d'électricité sur la tension). J'ai utilisé la méthode de résonance pour les longueurs d'onde inférieures à 6000^m, la méthode du pont pour les longueurs d'onde supérieures ; l'appareil de mesure utilisé était un voltmètre amplificateur.

---

(1) Séance du 1er décembre 1924.

Pour de la glace provenant d'une eau deux fois distillée avec précautions et présentant à l'état liquide une résistivité de $0,65.10^6$ ohms-cm, j'ai obtenu à la température de -12° les chiffres suivants :

Fréquence (s^{-1}).	Capacité C (farads).	Résistance R (ohms).	Pouvoir inducteur.	Angle de perte α.
6 700 000	$0,075.10^{-9}$	$2,6.10^4$	2,05	0°.40′
260 000	$0,075.10^{-9}$	$2,5.10^4$	2,05	18°
51 000	$0,085.10^{-9}$	$2,6.10^4$	2,35	54
17 000	$0,14 .10^{-9}$	$2,6.10^4$	3,8	68
5 400	$0,44 .10^{-9}$	$2,7.10^4$	12	68
1 550	$2,05 .10^{-9}$	$4,1.10^4$	56	50
320	$3,12 .10^{-9}$	$22,5.10^4$	86	32
50	$3,65 .10^{-9}$	$185 .10^4$	100	28
4,3	$5,6 .10^{-9}$	$> 10^7$	153	»

Résistance en courant continu $6,3.10^7$ ohms (sous 500 volts).

De ces résultats on conclut :

Pour des fréquences très élevées, l'angle de perte est très faible, comparable à celui des bons isolants industriels. Le pouvoir inducteur 2,05 correspond sensiblement au carré de l'indice optique et paraît dû à des déplacements de charges électriques à l'intérieur des atomes O et H.

Lorsque la fréquence diminue, la capacité augmente. Cet accroissement du pouvoir inducteur s'explique aisément si l'on considère la molécule de glace comme formée d'ions H et OH réunis entre eux par des forces élastiques et éprouvant dans leurs déplacements un frottement proportionnel à la vitesse très énergique en haute fréquence.

Pour des fréquences supérieures à $17000 s^{-1}$, le déplacement de ces ions est faible et proportionnel à la période. Il en résulte une dissipation de puissance indépendante de la fréquence et par suite une résistance R constante; l'angle de perte est sensiblement proportionnel à la période. Les forces élastiques mises en jeu sont faibles, aussi l'augmentation de capacité est-elle peu considérable.

Pour des fréquences comprises entre $17000 s^{-1}$ et $1550 s^{-1}$ le déplacement des ions et les forces élastiques deviennent considérables; la capacité C croît rapidement (1). La vitesse des ions et par suite la résistance R diminuent; aussi l'angle de perte passe-t-il par un maximum.

(1) Ce résultat est d'accord avec ceux qu'à tout récemment publié M. Errera [*La dispersion des ondes hertziennes par les solides au voisinage du point de fusion* (*Journal de Physique*, 6e série, t. 5, octobre 1924, p. 304)].

Enfin, on doit s'attendre à ce qu'en basse fréquence la vitesse des ions devienne suffisamment faible pour que l'influence du frottement devienne négligeable. Le déplacement des ions étant alors à chaque instant proportionnel au champ électrique, la capacité deviendrait constante et la résistance R serait égale à $6,3.10^7$ ohms comme en courant continu.

Les résultats d'expérience ne vérifient qu'imparfaitement ces déductions. La courbe qui représente la capacité en fonction de la période présente bien entre 1500 s^{-1} et 500 s^{-1} un coude très net et le pouvoir inducteur voisin de 80 qui correspond à 500 s^{-1} paraît bien être celui que possède la glace lorsque les ions H et OH peuvent se déplacer sans frottement. Toutefois, pour des fréquences inférieures à 500 s^{-1}, la capacité continue à croître régulièrement et la résistance en courant alternatif reste bien supérieure à la résistance en courant continu. On se trouve sans doute en présence d'un nouveau phénomène.

Par analogie avec les isolants industriels dans lesquels, comme je l'ai montré [1], les impuretés électrolytiques provoquent à basse fréquence une augmentation considérable de capacité, j'ai pensé que ce phénomène parasite provenait de la présence de sels dans la glace. Ne pouvant produire de la glace plus pure, j'ai congelé de l'eau contenant des traces d'acide sulfurique et dont la résistivité était 8.10^4 ohms-cm. A la température de — 12°, j'ai obtenu les résultats suivants :

Pour une même fréquence, la résistance R est plus faible que précédemment, parce que, en plus des ions H et OH, il existe des ions électrolytiques. Cette résistance fictive R est d'ailleurs beaucoup plus faible que la résistance réelle mesurée en courant continu, ce qui indique que ces ions électrolytiques ne peuvent pas tous atteindre les armatures et qu'ils restent en majeure partie prisonniers dans des cavités plus ou moins fermées.

Le pouvoir inducteur reste sensiblement le même pour des fréquences élevées mais devient énorme à basse fréquence sans doute par suite du déplacement limité de ces ions électrolytiques. C'est ainsi par exemple que pour cet échantillon de glace impure, à la fréquence 4,3 s^{-1}, la capacité est 41.10^{-9} farad et le pouvoir inducteur 1120.

Il paraît donc naturel d'attribuer à la glace rigoureusement pure un pouvoir inducteur voisin de 80 en basse fréquence ou en courant continu et de considérer les valeurs supérieures trouvées expérimentalement comme dues à la présence d'impuretés électrolytiques.

---

(1) *Les pertes d'énergie dans les diélectriques* (*Bulletin de la Société française des Électriciens*, 4e série, t. 3, n° 28, août 1923, p. 333).

Si l'on abaisse la température, le frottement éprouvé par les ions augmente. Par suite, ces ions ne peuvent atteindre leur position limite que pour des oscillations beaucoup plus lentes. C'est ainsi que, à la fréquence 6700000 s^{-1}, la résistance R est 75 fois plus élevée pour $-30°$ que pour $-2°$, et que la fréquence pour laquelle le déplacement des ions paraît terminé est 3450 s^{-1} pour $-2°$ et 50 s^{-1} pour $-30°$. La bande d'absorption se déplace vers les grandes longueurs d'onde lorsque la température diminue.

En résumé, pour les températures et les fréquences étudiées, un condensateur à glace *pure* peut être schématiquement représenté par l'ensemble de deux condensateurs en parallèle, l'un de pouvoir inducteur égal à 2,05, l'autre de pouvoir inducteur voisin de 78, ce dernier étant disposé en série avec une résistance dont la valeur varie en sens inverse de la température. Il ne paraît pas actuellement possible de préciser davantage.

SPECTROSCOPIE. — *Les doublets des métaux alcalins.*

Note de M. **Félix-Joachim de Wisniewski**. (Extrait.)

J'ai donné ailleurs [1] une formule empirique qui rend compte de la largeur des doublets du cæsium. Voici une formule semblable, mais plus simple, donnant les largeurs des doublets successifs des séries principales de Na, K, Rb, Cs, Mg^+. Appelons $\Delta\nu$ la différence des fréquences des deux raies du doublet, n le numéro d'ordre du doublet (notations de Ritz), α_z une constante caractéristique pour chaque élément, on a

$$\text{(A)} \qquad \Delta\nu = \frac{\alpha_z}{n^3}\left(1 - \frac{0,5}{n}\right).$$

Cette formule rend compte de même des valeurs de la différence $\Delta\nu_{13}$ caractérisant les largeurs totales des triplets de Al^+. Le tableau suivant montre l'accord entre les valeurs calculées et observées :

Nos.....	2.		3.		4.		5.		6.		
	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.	α_z.
Na (11)......	17,1	17,18	5,63	5,49	2,49	2,49	1,31	1,5	//	//	182,6
K (19).......	58,17	57,9	19,17	20,3	8,47	8,4	4,47	4,83	2,63	2,4	620,78
Rb (37).....	237,7	237,7	78,1	77,5	34,6	35,0	18,25	19,3	10,7	10,5	2530,72
Ce (55)......	554,1	554,1	182,5	181,1	80,8	80,2	42,5	42,8	//	//	5910
MgI (12).....	91,5	91,5	30,1	30,5	13,3	14,1	7,03	7,6	//	//	976,6
Al (13)......	127,9	127,3	42,11	43,4	18,66	19,7	9,82	9,9	//	//	1364,5

(1) *Physikalische Zeitschrift*, t. 24, 1923, p. 294.

Dans le cas de Na, K, Rb, Cs, la constante α_z peut s'exprimer en fonction du nombre atomique Z de l'élément par la formule

(B) $$\alpha_z = \varpi(Z-1)(Z-2),$$

où ϖ est une constante égale à 2,03.

Le tableau suivant montre en effet la constance de $\varpi = \frac{\alpha_z}{(Z-1)(Z-2)}$:

Na (Z = 11)	ϖ = 2,028,
K (Z = 19)	ϖ = 2,027,
Rb (Z = 37)	ϖ = 2,008,
Cs (Z = 35)	ϖ = 2,065.

Si l'on calcule d'après la formule (B) la valeur de α_z pour le *lithium* (Z = 3), on trouve $\alpha = 4{,}06$. La formule (A) donne alors pour $n = 2$ la différence $\Delta\nu = 0{,}38$, alors que l'expérience donne 0,34.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrométrique de l'hydrolyse.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai indiqué précédemment [1] une méthode permettant l'étude de l'hydrolyse des sels. Elle consiste à déplacer cette hydrolyse par l'action d'une base ou d'un acide forts, et à suivre ce déplacement par des mesures électrométriques. J'ai montré les avantages de cette méthode au point de vue qualitatif. Son application à l'étude quantitative du phénomène se heurte à un certain nombre de difficultés. Il est tout d'abord nécessaire de se mettre à l'abri du gaz carbonique de l'air. Cette précaution est particulièrement indispensable pour les solutions plus alcalines que l'eau pure. J'ai donc opéré dans un récipient fermé et parcouru par un courant continu d'hydrogène privé d'anhydride carbonique.

Supposons qu'il s'agisse d'étudier l'hydrolyse d'un acétate alcalin. Soit A sa concentration, assez petite pour que la dissociation en ions soit pratiquement complète et soit B la concentration en acide chlorhydrique ajouté [2]. Ces deux concentrations sont liées par la relation

(1) $$B = C_H - C_{OH} + \frac{AC_H}{K + C_H},$$

[1] *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 49.

[2] La concentration du réactif est assez grande pour que le volume reste pratiquement invariable.

où C_H et C_{OH} désignent les concentrations en ions hydrogène et oxhydryle, et K la constante de dissociation de l'acide acétique (¹). Mais cette équation n'est exacte que si l'eau utilisée pour préparer la solution est parfaitement neutre. Il n'en est jamais ainsi. On peut tenir compte de cette particularité en recommençant les opérations sur un échantillon de la même eau sans addition d'acétate. Si B' est la concentration en acide chlorhydrique nécessaire pour obtenir la même concentration en ions H^+, on trouve facilement que

$$\text{(II)} \qquad B - B' = \frac{AC_H}{K + C_H} \quad (^2).$$

L'expérience montre que, sauf au voisinage du point neutre, B' peut être remplacé par C_H :

$$\text{(III)} \qquad B = C_H\left(1 + \frac{AC_H}{K + C_H}\right).$$

Il suffit pour obtenir K par l'une des deux expressions précédentes de mesurer la concentration en ions H^+. On y parvient en déterminant la force électromotrice E de la chaîne :

$$H^2 \,|\, \text{solution à étudier} \,\Big|\, \begin{matrix}\text{solution saturée de}\\ SO^4Na^2,\ SO^4K^2,\ \text{ou KCl}\end{matrix} \,\Big|\, \text{électrode normale au calomel}$$

et en appliquant la formule classique $E = a + 0{,}05725 \log C_H$ (à 16°).

On obtient généralement la valeur de a, soit en la calculant à partir de la force électromotrice de l'électrode au calomel, soit en la mesurant par comparaison avec des solutions dites « tampon » dont on calcule *a priori* la concentration en ions H^+. Il m'a paru plus logique et plus sûr de la mesurer sur une solution obtenue dans les mêmes conditions que les précédentes par addition dans l'eau pure d'une petite quantité d'acide chlorhydrique. Dans ces conditions, il semble inutile de tenir compte de la différence de potentiel liquide | liquide. Les procédés théoriques ou empiriques que l'on a l'habitude d'utiliser à cet effet sont assez incertains, et d'ailleurs ce n'est pas la valeur absolue de cette différence de potentiel qui intervient, mais ses variations au cours des mesures. On peut admettre, jusqu'à preuve du contraire, qu'elles ne dépassent pas les erreurs expérimentales.

Dans les limites de concentration que j'ai indiquées (³) et quelle que soit la solution intermédiaire, j'ai obtenu pour K des valeurs (au nombre d'une centaine) oscillant irrégulièrement et de quelques centièmes autour de la valeur moyenne $3{,}5 \times 10^{-5}$. Cette valeur a été à peu près double de celle que l'on adopte ordinairement ($1{,}8 \times 10^{-5}$) (⁴).

(¹) La constante d'hydrolyse K' est reliée à K par la relation $KK' = \varepsilon^2$, ε^2 étant la constante d'ionisation de l'eau.

(²) B' peut être négatif. Il représente alors la concentration (calculée en OH) de baryte nécessaire pour obtenir le même C_H.

(³) *Loc. cit.*

(⁴) WALPOLE, *J. Chem. Soc.*, t. 105, 1914, p. 2501.

Cette discordance peut être attribuée à deux causes. Elle peut être due au fait que l'on n'a pas tenu compte des différences de potentiel liquide | liquide. La concordance des résultats obtenus doit, semble-t-il, faire rejeter cette hypothèse. Cette discordance peut encore provenir de la manière dont j'ai choisi l'origine des potentiels. Mais on peut s'affranchir de cette origine. En effet l'équation (III) appliquée à une solution suffisamment diluée permet de calculer B en fonction de C_H, pour une valeur donnée de k. Construisons les courbes donnant $\log C_H$ en fonction de B pour $k = 3{,}5 \times 10^{-5}$ et pour $k = 1{,}8 \times 10^{-5}$. Si l'une de ces valeurs est exacte, la courbe expérimentale $\frac{E}{0{,}05725} = \alpha + \log C_H$ doit coïncider avec l'une des deux courbes précédentes par une simple translation le long de l'axe des forces électromotrices. En fait ($A = 10^{-3}$), elle peut se superposer exactement à la première ($k = 3{,}5 \times 10^{-5}$) (¹), elle s'écarte notablement de la seconde.

A 16°, la constance de dissociation de l'acide acétique est donc de $3{,}5 \times 10^{-5}$ et la constance d'hydrolyse des acétates de $2{,}6 \times 10^{-10}$ environ.

Une méthode analogue, appliquée à divers sels ammoniacaux, donne pour leur constante d'hydrolyse la valeur $3{,}2 \times 10^{-10}$ et pour la constante de dissociation de l'ammoniaque la valeur $2{,}8 \times 10^{-5}$ (²).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la température critique de dissolution des mélanges ternaires.* Note de MM. **A. Boutaric** et **G. Corbet**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. On admet que la température critique de dissolution d'un mélange de deux liquides A et B avec un troisième liquide C peut être calculée par la règle des mélanges d'après les températures critiques de dissolution θ_1 et θ_2 de chacun des liquides A et B avec le liquide C. Crismer (³) a même fondé sur cette propriété une méthode d'analyse des mélanges. En réalité, Simon (⁴) et ses collaborateurs, étudiant la température critique de dissolution de mélanges de carbures avec l'aniline, ont constaté que la règle indiquée n'est pas générale.

(¹) Cette valeur est encore confirmée par des mesures effectives sur l'acide acétique additionnée ou non de baryte.

(²) Ces dernières mesures ont été faites avec la collaboration de Mlle J. Waltz.

(³) Crismer, *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, 3e série, t. 30, 1895, p. 97.

(⁴) Simon et Chavanne, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 185.

2. Nous nous sommes proposé d'étudier systématiquement comment varie la température critique de dissolution dans l'eau d'un mélange en diverses proportions de deux des corps suivants : phénol, aniline, acide salicylique, acide benzoïque.

Dans un tube scellé, on enferme un poids connu d'un mélange de composition $n\text{B} + (1 - n)\text{A}$ et un poids connu d'eau. On chauffe le mélange jusqu'à miscibilité complète, puis on refroidit lentement et on note la température à laquelle se produit l'opalescence. On brise la pointe du tube, on ajoute une nouvelle quantité d'eau, on détermine la nouvelle température d'opalescence et ainsi de suite. On peut alors tracer la courbe de miscibilité avec l'eau du mélange $n\text{B} + (1 - n)\text{A}$, sur laquelle on relève la température critique de dissolution.

On recommence la même détermination sur des mélanges $n\text{B} + (1 - n)\text{A}$ de composition variable, dans lesquels n prend diverses valeurs entre 0 et 1. On trace la courbe représentant la variation de θ en fonction de n. Cette courbe, pour $n = 0$, part de l'ordonnée relative à la température critique θ_1 du mélange d'eau avec le corps A et aboutit, pour $n = 1$, à l'ordonnée relative à la température critique θ_3 du mélange d'eau et du corps B.

Nos résultats expérimentaux sont représentés sur les courbes des figures 1, 2, 3. La figure 1 se rapporte aux températures critiques de l'eau

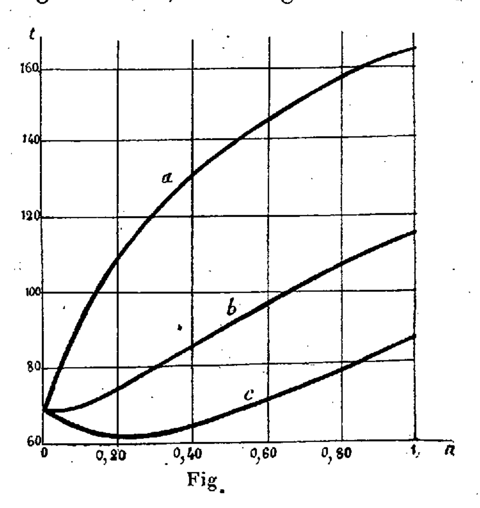


Fig.

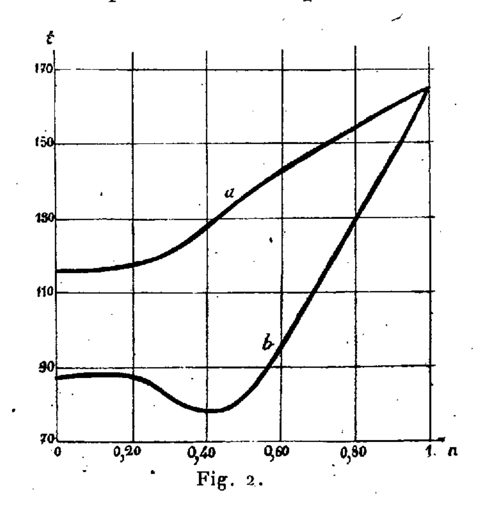


Fig. 2.

avec les mélanges : aniline-phénol (courbe a); acide benzoïque-phénol (courbe b); acide salicylique-phénol (courbe c) [1]. La figure 2 se rap-

[1] Pour les températures critiques de dissolution de l'eau avec le phénol, l'aniline, l'acide benzoïque, nous avons retrouvé les valeurs indiquées dans les recueils de con-

porte aux températures critiques de l'eau avec les mélanges : acide benzoïque-aniline (courbe *a*); acide salicylique-aniline (courbe *b*). La figure 3 se rapporte aux températures critiques de l'eau avec les mélanges : acide benzoïque-acide salicylique.

Il semble que la température critique ne varie linéairement en fonction de la composition *n* que si les corps A et B ont des fonctions chimiques voisines, c'est ce qui se produit pour le mélange acide benzoïque-acide salicylique représentés sur la figure 3. C'est également ce que nous avons observé sur les mélanges du phénol avec les divers crésols.

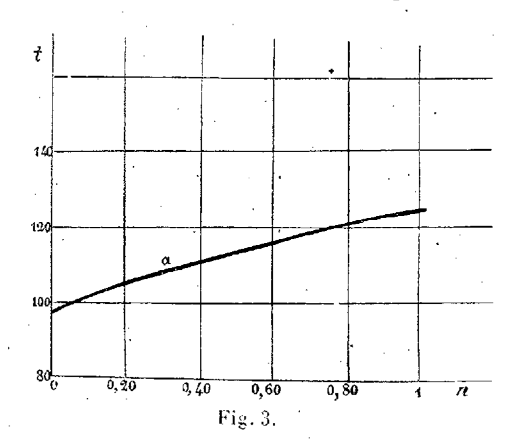


Fig. 3.

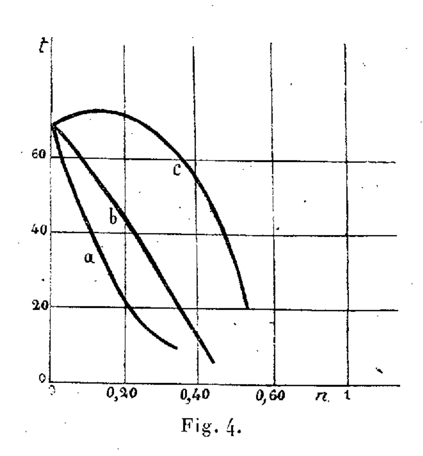


Fig. 4.

3. Nous avons également étudié comment varie la température critique de dissolution du phénol avec un mélange d'eau et de divers alcools, suivant la teneur en alcool de ce mélange. Les courbes de la figure 4 représentent les résultats expérimentaux pour les mélaages : phénol-alcool méthylique et eau (courbe *a*); phénol-alcool éthylique et eau (courbe *b*); phénol-alcool isopropylique et eau (courbe *e*). Les courbes partent toutes de la température critique de dissolution θ_1 du mélange phénol-eau et devaient aboutir aux diverses températures critiques de dissolution θ_2 des mélanges formés par le phénol et les divers alcools. On voit sur les courbes qu'à partir de teneurs suffisantes en alcool la température critique de dissolution s'abaisse au fur et à mesure qu'augmente cette teneur. La température critique de dissolution du phénol avec les divers alcools ne peut être atteinte expérimentalement à cause de la congélation du phénol qui se pro-

stantes; pour l'eau et l'acide salicylique, en opérant avec un acide fondant à 158°, nous avons obtenu une température égale à 86°,2, alors qu'Alexejeff a indiqué 90°,5 sans d'ailleurs préciser la température de fusion de l'échantillon qu'il utilisait.

duit aux basses températures; mais les courbes tracées indiquent que cette température doit être très basse. Il semble que dans tous les cas de miscibilité complète, tel que celui du phénol et des alcools, le domaine où les expériences sont possibles se trouve au-dessus de la température critique de dissolution et qu'on pourrait atteindre cette température si l'on réussissait à maintenir en surfusion jusqu'à des températures suffisamment basses les deux éléments du mélange. Rappelons d'ailleurs que dans le cas des acides salicylique ou benzoïque et de l'eau, les expériences ne sont possibles que si l'on réussit à maintenir les acides en surfusion jusqu'à la température critique de dissolution.

RADIOACTIVITÉ. — *La radiation γ pénétrante du mésothorium 2.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

I. J'ai présenté dans une Note antérieure (1) le résultat de mesures du rayonnement γ issu d'une source de mésothorium en équilibre avec ses produits actifs. J'utilisais l'effet photo-électrique de ces radiations sur des éléments divers (uranium, plomb, tungstène, etc.) soumis à leur action et sur lesquels elles se trouvaient converties en spectres β excités, étudiés par la méthode bien connue de déviation magnétique. Je trouvais, par cette méthode, que le rayonnement pénétrant comprenait principalement trois rayons d'énergies respectives : 580700, 908200, 962700 volts.

Le premier était attribué sans difficulté au thorium B et je suggérais que les deux autres devaient provenir du mésothorium 2, l'examen du spectre naturel du thorium B + C″ ne décelant aucune ligne d'énergie correspondant à la leur.

Une étude du spectre β naturel du mésothorium 2, publiée depuis (2), vient confirmer entièrement cette dernière attribution, ce spectre présentant au contraire plusieurs lignes pouvant être attribuées à ces deux rayons, si l'on suppose au spectre β naturel du mésothorium 2 une origine secondaire due à l'effet photo-électrique des radiations γ sur les couches électro-

(1) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 1052.

(2) D. H. Black, *Proc. Roy. Soc.* A, vol. **106**, 1924, p. 632. Je signale également un important travail sur le spectre de très grande vitesse du mésothorium 2, de MM. D. Yovanovitch et F. d'Espine (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1910. et t. **179**, 1924, p. 1162) fait au laboratoire de Mme Curie.

niques des atomes en désintégration. Dans l'hypothèse où le spectre naturel serait un spectre excité de l'élément 89, on calcule ainsi deux rayons γ d'énergie 908000 et 963000 volts en excellent accord avec mes résultats [1].

Cette remarque attribue définitivement au mésothorium 2 l'émission de ces deux rayons γ dont ma précédente Note établissait l'existence.

2. Complétant l'étude des spectres photo-électriques dus au mésothorium, j'ai pu obtenir l'excitation de trois rayons β d'énergie plus faible dans un radiateur de plomb.

R. H.	Énergie (kilovolts).	Niveau d'origine.	Énergie du rayon excitateur.
1850	244	K	333 kilovolts
2175	319	L	333 »
2396	370	K	459 »

En attribuant à ces photo-électrons une origine dans les niveaux K et L du plomb, conformément au tableau, il est possible de calculer deux rayons γ, l'un de 333 kilovolts, déjà signalé par de Broglie et Cabrera [2], le second de 459 kilovolts, nouveau.

D'autre part, M. Black (*loc. cit.*), pour expliquer plusieurs lignes du spectre β du mésothorium 2, suppose l'existence de deux rayons γ de 334 et 459 kilovolts. C'est donc bien le mésothorium 2 qui est responsable de ces deux rayons.

3. Étendant mes précédentes conclusions il m'est possible de donner quelques lignes de grande énergie du « spectre γ caractéristique » du mésothorium 2.

Intensité.	Énergie en kilovolts.	Fréquence en 10^{20}.	Longueur d'onde en 10^{-11} cm.
Très intense	**333**	0,809	37,1
Intense	**459**	1,115	26,9
Intense	**908,2**	2,209	13,6
Assez intense	**962,7**	2,341	12,8

Enfin, pour le mésothorium 2, aussi bien que pour le Ra B et C, le spectre β naturel apparaît, au moins dans sa plus grande partie, *comme un effet secondaire des radiations* γ.

Tous les rayons du tableau précédent se convertissent dans les couches

---

(1) M. Black trouve en réalité des valeurs numériques légèrement supérieures, cela provient de ce qu'il rapporte ses mesures à celles d'Ellis sur le spectre naturel du radium.

(2) M. DE BROGLIE et CABRERA, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 295.

électroniques de l'atome mésothorium 2 en désintégration (ou dans celles de son produit de désintégration) en flots corpusculaires qui constituent les lignes du spectre β naturel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'acide tétracétylmucique.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **A.-J.-A. Guillaumin.**

L'acide tétracétylmucique $CO^2H-(CHOCOCH^3)^4-CO^2H$ est le seul acide acétylé du groupes des glucoses qui soit connu à l'état libre. Sa découverte est due à M. Maquenne [1] qui l'a obtenu en 1888 par l'action de l'anhydride acétique en présence de chlorure de zinc sur l'acide mucique. Skraup [2] en remplaçant le chlorure de zinc par l'acide sulfurique a préparé un corps de même composition. A la lecture de son mémoire on pourrait supposer que les deux corps sont différents : il n'en est rien.

On chauffe au bain-marie durant 24 heures le mélange d'acide mucique (1^p) d'anhydride acétique (2^p) et d'acide sulfurique ($0^p,05$); on projette ensuite sur glace pilée (10^p), on essore et l'on fait *rapidement* cristalliser dans l'eau bouillante. On obtient ainsi $1^p,2$ d'acide acétylé.

Comme M. Maquenne l'avait déjà indiqué l'acide tétracétylmucique cristallise avec deux molécules d'eau qu'il perd facilement à 100°. Il se présente, hydraté, sous la forme de belles aiguilles dont la température de fusion instantanée est 276°; au tube capillaire il fond plus bas à 258°. Sec il présente à la fusion les mêmes apparences. Il est peu soluble dans l'eau comme on peut s'y attendre de la part d'un dérivé acétylé de ce groupe, cependant notablement plus que l'acide mucique dont l'insolubilité est si caractéristique. De sa solution dans l'eau bouillante on peut le faire cristalliser par refroidissement *à condition d'opérer rapidement.* L'hydrolyse par l'eau chaude n'est donc pas un obstacle décisif à sa recristallisation; elle est cependant très nette et il se forme alors de l'acide acétique et *la lactone mucique* très soluble dans l'eau. Il est remarquable que dans cette action de l'eau il ne se fait aucun dépôt *d'acide mucique* même après une durée prolongée; c'est d'autant plus singulier que la lactone mucique ne se produit que péniblement et toujours incomplètement par l'action de l'eau sur l'acide mucique. Faut-il donc supposer qu'*une* molécule d'acide acétique se détache

---

(1) *Bull. Soc. ch.*, 2e série, t. **48**, 1887, p. 720.
(2) *Monatshefte*, t. **14**, 1893, p. 488.

d'abord avec formation d'une lactone triacétylée monoacide qui subirait ensuite une désacétylation complète? En tout cas on connaît le monoéther d'une telle lactone triacétylée qu'on obtient en traitant le mucate d'éthyle par le chlorure d'acétyle.

Chauffe-t-on l'acide tétracétylmucique avec un excès connu d'alcali titré et titre-t-on en retour, on vérifie la réaction d'hydrolyse complète :

$$CO^2H-(CHOCOCH^3)^4-CO^2H+6KOH$$
$$=4CH^3CO^2K+CO^2K-(CHOH)^4-CO^2K+2H^2O.$$

L'acide tétracétylmucique possède comme l'a déjà noté M. Maquenne la réaction acide. C'est même un acide exceptionnellement fort puisqu'à la manière des acides minéraux il peut être titré alcalimétriquement à l'aide de l'hélianthine. L'acide séché se comporte comme l'acide hydraté.

$$CO^2H-(CHOCOCH^3)^4-CO^2H+2KOH=H^2O+CO^2K-(CHOH)^4-CO^2K.$$

Ceci signifie que le sel de potassium n'est pas décomposé dans ces conditions et, en fait, nous avons pu l'isoler. Sans doute le résultat du titrage et l'isolement corrélatif du sel exigent-ils qu'on ait soigneusement évité de chauffer à un moment quelconque; c'est à cette circonstance qu'il faut attribuer que ce fait ait échappé à l'observation si pénétrante de M. Maquenne.

Le sel ainsi obtenu cristallise avec 8 molécules d'eau et se présente en belles tables transparentes. Par la même technique et avec les mêmes précautions, on peut obtenir les sels bien cristallisés de baryum et d'ammonium. Le sel d'hydroxylamine s'obtient en fines aiguilles en mélangeant les solutions dans l'alcool méthylique de l'acide et de la base. Le sel de potassium ne précipite aucun des sels des métaux usuels, sauf le nitrate mercureux; le sel ainsi obtenu n'est d'ailleurs pas une combinaison définie.

C'est, à notre connaissance, *la première fois qu'on obtient les sels d'un acide acétylé de ce groupe.*

L'acide acétylmucique se dissout dans l'alcool méthylique et, en l'y faisant cristalliser, on l'obtient avec 2 molécules d'alcool méthylique de cristallisation; c'est ce qu'on a déjà observé pour l'alcool méthylique. Si dans la solution méthylique on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on n'obtient pas l'éther méthylique mais *du mucate diméthylique.*

L'alcool méthylique a déplacé les fonctions alcool secondaire de l'acide mucique, et l'acide acétique se sépare sous forme d'acétate de méthyle.

On peut préparer les éthers en acétylant les éthers muciques correspon-

dants au moyen d'anhydride acétique et de chlorure de zinc. L'éther méthylique de l'acide tétracétylmucique n'avait pas été décrit; il se présente sous forme de prismes hexagonaux fondant à 197°. Liquide il bout vers 250° sous pression très réduite de 1^{mm} de mercure. Avec cet éther il est aisé d'obtenir les dérivés azotés — amide, anilide, etc. — de l'acide acétylmucique. Les alcalis le saponifient *complètement* : on recueille mucate et acétate de potassium quantitativement.

Chlorure acide. — On l'obtient par l'action du chlorure de thionyle sur l'acide *sec* en solution dans le chlorure d'acétyle. La réaction très lente devient très rapide, même tumultueuse par l'addition d'une trace d'acide sulfurique.

L'acide sulfurique employé à lubrifier les rodages de l'appareil suffit à déclencher la réaction. Cette particularité ne paraît pas avoir été observée par Diels et Löflund [1], ni par J. Müller [2] qui ont préparé ce corps en 1914, les premiers avec le perchlorure de phosphore, l'autre avec le chlorure de thionyle également.

L'eau n'agit pas sur le chlorure à froid *et même, en le maintenant à l'ébullition avec l'eau pendant une demi-heure, on n'observe pas de libération d'acide chlorhydrique;* c'est là une résistance exceptionnelle pour un chlorure d'acide. Il faut dire, contradictoirement, que selon J. Müller « à chaud l'acide tétracétylmucique de point de fusion 243° est régénéré ».

Les alcalis étendus le décomposent complètement en chlorure, acétate et mucate comme en font foi le dosage du chlore et la mesure de l'alcali employé à la neutralisation.

Enfin, par action des alcools bouillants, le chlorure acide fournit les éthers correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation spontanée, en solution alcaline, des acides 1-méthylurique et 1.3-diméthylurique.* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Ch. Moureu.

Au cours de ses recherches sur les acides méthyluriques, Émile Fischer a observé que certaines opérations, effectuées en liqueur alcaline et au contact de l'air, donnaient de mauvais rendements [1]. Ce savant en a conclu

---

(1) *Deutschen ch. Ges.*, t. 47, 1914, p. 2351.
(2) *Deutschen ch. Ges.*, t. 47, 1915, p. 2654.
(3) *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 28, 1895, p. 2482.

que les dérivés de l'acide urique sont, comme lui, spontanément oxydables dans ces conditions.

Cependant, à ma connaissance, l'étude précise de l'oxydation spontanée des acides méthyluriques n'a fait l'objet d'aucun travail.

Poursuivant mes recherches sur l'acide urique ([1]), et dans un but de comparaison, j'ai préparé les acides 1-méthylurique et 1.3-diméthylurique

$$\begin{array}{l} CH^3-N-CO-C-NH\diagdown \\ \qquad | \qquad\qquad\quad \| \qquad\quad CO \\ \qquad CO-NH=C-NH\diagup \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^3-N-CO-C-NH\diagdown \\ \qquad | \qquad\qquad\qquad\quad \| \qquad\quad CO \\ \qquad CO-N(CH^3)-C-NH\diagup \end{array}$$

le premier, d'après Fischer et Clemm ([2]); le second, d'après Biltz et Heyn ([3]).

La comparaison porte sur la vitesse et la limite de l'oxydation, sur les produits obtenus, et s'étend à la catalyse par l'hydrate de manganèse (1 atome Mn, introduit à l'état de lactate, pour 10 molécules d'acide).

Le dispositif employé a été décrit précédemment (*loc. cit.*). Les quantités de substances mises en jeu sont dans chaque expérience :

Acide	$0^{mol},06$
KOH............................	$0^{mol},30$
Eau.............................	300^{cm^3}

Oxydation sans catalyseur. — A 19°, les vitesses sont voisines. En 30 minutes, les volumes absorbés sont entre eux comme 100 — 91 — 82,5, l'acide urique s'oxydant plus vite que l'acide monométhylé, et celui-ci plus vite que le dérivé diméthylé.

Les limites sont également voisines : $1^{at},8$; $1^{at},8$; $1^{at},9$ par molécule d'acide (les trois acides étant placés dans le même ordre).

Oxydation avec catalyseur. — Ici apparaît une très grosse différence, que montre la figure ci-après : tandis que l'acide urique et l'acide monométhylé s'oxydent à des vitesses comparables et beaucoup plus grandes que sans catalyseur, celui-ci paraît presque sans action dans le cas de l'acide 1-3 diméthylé.

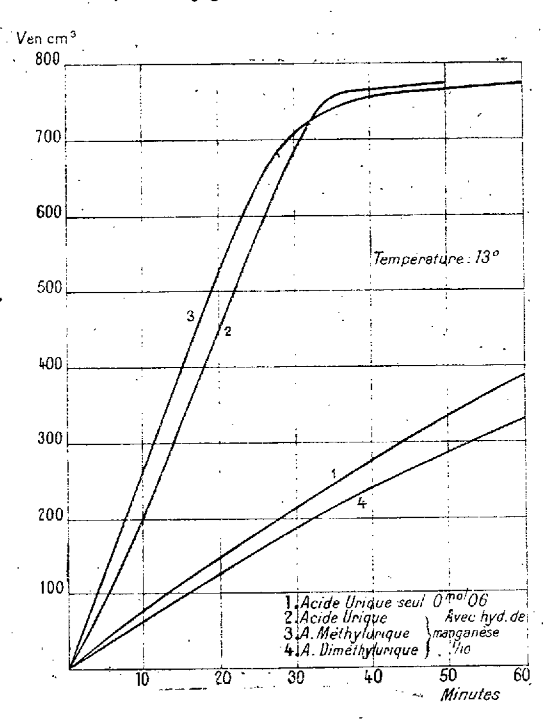
A 13°, les volumes absorbés en 30 minutes sont entre eux comme 314 : 323 : 87, en représentant par 100 le volume absorbé par l'acide urique sans catalyseur.

D'autre part le volume limite d'oxygène utilisé, défalcation faite de

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 637 et 782, et t. **179**, 1924, p. 901.
([2]) *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. **30**, 1897, p. 3089.
([3]) *Liebig's Annalen*, t. **423**, 1921, p. 190.

l'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'hydrate manganeux, est abaissé à $1^{at},05$ pour les acides urique et 1-méthylurique, tandis que l'acide diméthylé consomme $1^{at},7$ d'oxygène.



J'ai tenté d'abaisser la limite dans ce cas en réduisant à 2 molécules au lieu de 5 la quantité de potasse par molécule d'acide. J'ai constaté alors que plus du tiers de l'acide restait inaltéré.

Produits obtenus : acide 1-méthylurique. — Sans catalyseur, en traitant la liqueur par l'acide acétique et l'alcool, j'ai obtenu un sel de potassium, en paillettes nacrées, qui a pu être identifié avec le *3-méthyloxonate de potassium*, préparé d'après Biltz et Robl (1) par oxydation permanganique de la 3-méthylallantoïne. La réaction est semblable à celle qui caractérise l'oxydation de l'acide urique :

$$C^6H^6O^3N^4 + 2O + H^2O = CO^2 + NH^3 + C^5H^5O^4N^3.$$

Avec catalyseur, tandis que l'acide urique donne un bon rendement en allantoïne, je n'ai pu isoler ici aucun produit peu soluble. Toutefois, en réduisant à 3 molécules pour une d'acide, la proportion d'alcali (ce qui

(1) Biltz et Robl, *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 54, 1921, p. 2448.

change à peine le volume d'oxygène consommé), j'ai obtenu de la 3-*méthylallantoïne*, cristallisant avec 1 molécule d'eau, identique à la 3-méthylallantoïne préparée selon Behrend et Zieger ([1]) par action du sulfate diméthylique et de la potasse sur l'allantoïne.

La réaction d'oxydation est ici :

$$C^6H^6O^3N^4 + O + H^2O = C^5H^8O^3N^4 + CO^2.$$

E. Fischer et Fr. Ach ([2]) ont obtenu la même 3 ou β-méthylallantoïne en oxydant : 1° l'acide 7-méthylurique par PbO^2; 2° l'acide 1-méthylurique par MnO^4K, et l'explication de ces résultats a été donnée par Behrend ([3]).

Produits obtenus. Acide 1.3-*diméthylurique*. — Je n'ai pu, avec cet acide, avec ou sans catalyseur, isoler ni diméthylallantoïne, ni diméthyloxonate de potassium. J'ai obtenu seulement de l'oxalurate et de l'oxalate de potassium et de la méthylamine

$$\begin{matrix} CH^3-N-CO-C-NH \\ | \quad\quad\quad\quad \| \\ CO-N(CH^3)-C-NH \end{matrix}\!\!>CO \rightarrow \left\{ \begin{matrix} 2CO^2,\ 2CH^3NH^2 \\ \text{et } NH^2CONH.CO.CO\,OH \end{matrix} \right.$$

En oxydant ce même acide par MnO^4K, Biltz et Schauder ([4]) avaient obtenu les mêmes produits et, en outre, de la diméthyloxamide, du cholestrophane et de la méthylamide oxalurique. Ces produits étant tous décomposés par la potasse, je ne pouvais espérer les isoler dans le cas présent.

En résumé, tandis que l'oxydation de l'acide 1-méthylurique par l'oxygène se comporte exactement comme celle de l'acide urique à quelques détails près, celle de l'acide 1.3-diméthylurique conduit à une rupture beaucoup plus complète de la molécule.

Ce résultat paraît être dû à la présence de deux groupes CH^3 liés à l'azote dans le noyau pyrimidique. On sait déjà que d'autres dérivés bisubstitués dans un même noyau (cholestrophane, diméthylalloxane), sont facilement décomposés par la potasse aqueuse.

---

(1) BEHREND et ZIEGER, *Liebig's Annalen*, t. **410**, 1915, p. 337.
(2) *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. **32**, 1899, p. 2745.
(3) *Liebig's Annalen*, t. **333**, 1904, p. 141.
(4) *Journal für pr. Ch.*, t. **106**, 1923, p. 155.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Synthèse de l'alcool méthylique par réduction de l'oxyde de carbone.* Note de M. **Georges Patart**, présentée par M. Vieille.

Si l'on fait circuler, en circuit fermé, sous une pression maintenue de 150 à 250$^{atm.}$, sur un catalyseur constitué par de l'oxyde de zinc pur, aggloméré en grains ou déposé sur de l'amiante en floches, à une température comprise entre 400° et 420°, un mélange gazeux contenant environ un volume d'oxyde de carbone pour 1,5 à 2 volumes d'hydrogène, on obtient, par refroidissement à 20° C., d'une région du circuit gazeux, la condensation d'un liquide composé presque uniquement d'eau et d'alcool méthylique.

Voici l'analyse de ce liquide :

Liquide vert contenant un précipité verdâtre.

Densité à 19° C. : 0,896.

On a distillé 100$^{cm^3}$ de liquide clair, préalablement acidulé par de l'acide phosphorique. Le rectificateur employé était un tube de Vigreux de 30^{cm}.

Les résultats obtenus ont été les suivants.

Température.	Volume du liquide distillé.
Première portion :	
59°	1 goutte (dégagement de CO)
59°-65°	1$^{cm^3}$
65°-69°,5	64
74°	65
87°	66
Deuxième portion :	
98°	67,5
99°	71,5
100°,5	96,5

On a ensuite fait passer un courant de vapeur d'eau dans le résidu jusqu'à neutralité du liquide distillé.

La première portion du premier distillat est limpide, faiblement acide $\left(\text{acidité : } 1^{cm^3}, 1 \text{ ; de KOH } \frac{N}{10}\right)$. Elle a été rectifiée au moyen du même appareil et a donné :

Température.	Volume du liquide distillé.
64°	1 goutte
65,5	1^{cm^3}
66,2	59
67,2	62
68,5	63

Le liquide distillé est formé d'alcool méthylique sensiblement pur; son odeur désagréable paraît être due à des traces d'impuretés. Il ne contient ni aldéhyde ni acétone.

La deuxième portion du premier distillat est un liquide aqueux, acide, contenant quelques gouttelettes huileuses (moins de $0^{cm^3},1$). Acidité : $11^{cm^3},7$ KOH $\frac{N}{10}$.

Le liquide provenant de l'entraînement à la vapeur est également acide

$$\left(\text{Acidité : } 22^{cm^3} \text{ KOH } \frac{N}{10}\right).$$

Le résidu obtenu après entraînement des acides par la vapeur a été alcalinisé et distillé. Les vapeurs ont été recueillies dans de l'acide chlorhydrique dilué et la liqueur chlorhydrique a été évaporée à sec.

On a obtenu : bases à l'état de chlorhydrates : $0^g,19$. Ces bases sont en majeure partie formées d'ammoniaque.

Le précipité contient principalement du cuivre, métal qui constitue la tuyauterie de l'appareil au point où le liquide a été recueilli. On y trouve également du fer et du zinc. Le poids du précipité est de l'ordre de $0^g,5$ pour 154^{cm^3} de liquide brut.

Cette analyse a été faite par M. Jovinet.

La composition des gaz en circulation à l'origine et après 7 heures et demie de marche avec remplacement de la fraction de gaz entrée en combinaison par un même volume de gaz de la composition initiale, après 3 heures de marche, a été trouvée la suivante :

Composants.	Au début pour 100.	Après 7 heures et demie de marche pour 100.
CO^2	3,0	4,8
O^2	0,2	0,0
CO	33,8	40,2
CH^4	-	5,4
H^2	58,7	41,6
N^2	4,3	8,0

Les essais ont été conduits et l'analyse des gaz faite par M. Fleury avec le concours de M. Loriette.

De ce qui précède il semble que l'on peut conclure que la préparation industrielle de l'alcool méthylique synthétique n'offre pas de sérieuses difficultés.

SISMOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'agitation microsismique à Dakar (Sénégal).* Note de M. **Henry Hubert**.

Parmi les causes, certainement multiples, de l'agitation microsismique, on a signalé, à plusieurs reprises, l'influence des variations de la pression atmosphérique. Pour certains pays des observations bien conduites ont d'ailleurs confirmé une telle influence.

Il était intéressant de savoir comment se manifesterait cette agitation à Dakar et de déterminer dans cette localité certaines des causes, au moins les plus importantes, des phénomènes observés. Dakar, en effet, joint à la particularité d'une situation géographique exceptionnelle (point le plus occidental, à quelques kilomètres près, du continent africain) le caractère de faire partie d'une région tropicale où les variations de pression sont très faibles (la différence des extrêmes absolus est de l'ordre de 8^{mm} par an).

D'une manière générale, l'agitation microsismique est plutôt forte à Dakar et ses variations d'intensité, toujours fort nettes, sont très notables. Or on peut être assuré que les variations de la pression atmosphérique, dans un rayon d'au moins un millier de kilomètres, sont sans action appréciable sur les phénomènes constatés, parce qu'il n'y a aucune concordance entre les barogrammes et les sismogrammes; du reste, s'il y avait une influence notable, elle serait d'autant mieux mise en évidence que les plus grosses variations barométriques sont celles de la marée journalière, dont les effets seraient certainement enregistrés. Quant à l'influence des variations de pression se produisant à plusieurs milliers de kilomètres, on peut dire qu'elle est suffisamment faible pour être masquée par l'action de facteurs locaux.

Les inscriptions provoquées par des manifestations de l'activité humaine étant éliminées, on a pu constater, à Dakar, depuis l'installation récente des sismographes, que l'activité microsismique se traduisait par des diagrammes, très différents d'aspect, mais pouvant se ramener à quatre types, lesquels correspondent aux quatre types de vents dominants observés dans cette localité.

Par vent d'ouest (mousson) (vitesse 1-4 m-sec), l'agitation microsismique

est minimum, les mouvements du sol sont inférieurs à 1$^{\mu}$; ils donnent naissance à deux sortes d'ondes, les plus grandes de 4 secondes de période, les plus petites de 1 seconde environ de période.

Par vent du sud (vitesse jusqu'à 10 m-sec) l'amplitude des mouvements du sol est maximum. On n'observe qu'une sorte d'ondes, toujours de grande amplitude (jusqu'à 10$^{\mu}$) et de période d'environ 3,6 secondes.

Par vent d'est (vent de grain, vitesse 18-20 m-sec) on a deux sortes d'ondes, les unes grandes (amplitude 5$^{\mu}$, période 3,4 secondes), les autres petites et très aiguës (amplitude 2-3$^{\mu}$, période 1 seconde environ).

Par vent du nord (¹) (alizé, vitesse atteignant 10 m-sec) on n'a qu'une seule sorte d'ondes, très longues (période 6 secondes) et très arrondies (amplitude 4$^{\mu}$).

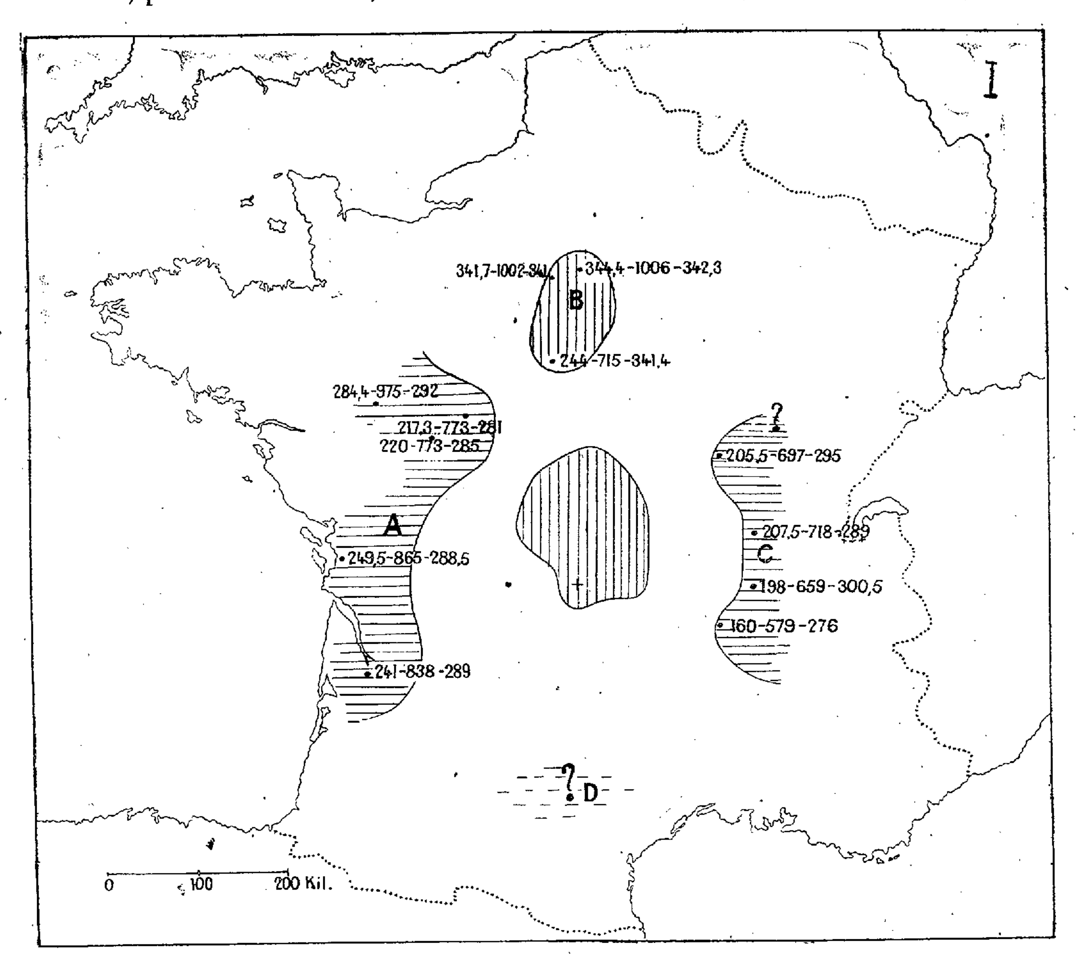
Les variations de l'agitation microsismique étant progressives et toujours en retard par rapport au changement du vent, on peut être assuré que l'action de ce dernier n'est pas directe. Par contre, il y a une relation très nette entre les variations de l'état de la mer et celles de l'agitation microsismique.

Il apparaît finalement que, pour la plus grande part, l'agitation microsismique à Dakar est due aux chocs de la mer sur la terre en des points voisins de cette localité qui restent à déterminer. Les différents types de chocs, partant d'agitations microsismiques, semblent devoir trouver leur explication dans l'action combinée de la houle, venant du sud, et des vagues, de direction variable en relation avec les différents types de vent. Les chocs de la houle se traduisent sur les sismogrammes par les ondes dont la période est comprise entre 3,4 secondes et 4 secondes; les chocs des vagues par les ondes de petite période (1 seconde environ). Les ondes enregistrées par les sismographes traduisent la combinaison des deux mouvements ondulatoires (houle et vagues); en particulier quand la houle et les vagues sont de même orientation et, soit de même direction (vent du sud), soit de direction contraire (vent du nord), les deux mouvements interfèrent et les petites ondes des sismogrammes ne s'observent plus.

(¹) Observations localisées au début de la saison sèche.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la propagation des ondes aériennes lors des expériences de La Courtine.* Note [1] de M. CH. MAURAIN, présentée par M. Bigourdan.

Un très grand nombre d'observations relatives à la propagation de ces ondes, plusieurs milliers, ont été faites soit à l'oreille, soit à l'aide d'appa-

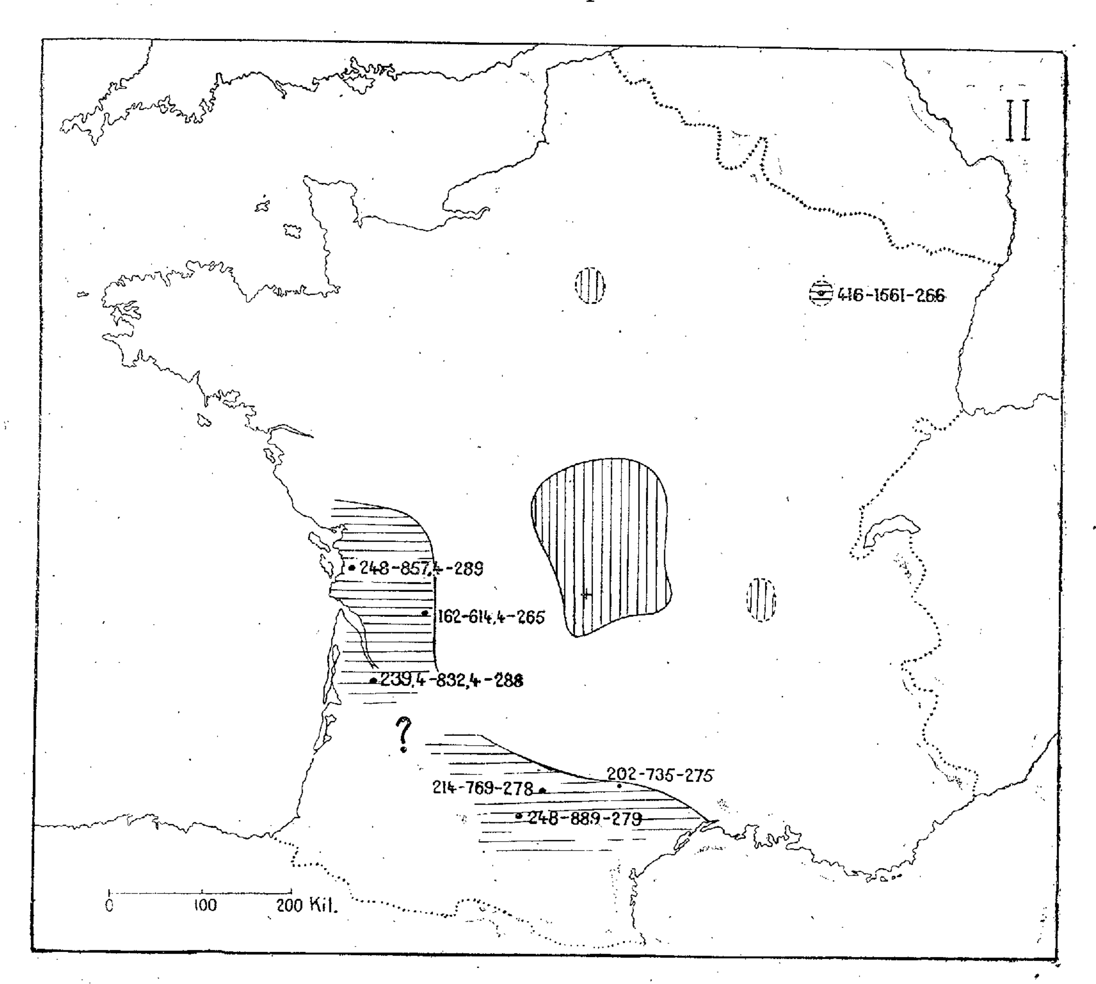


reils dont beaucoup étaient enregistreurs. Ce n'est que dans une publication étendue qu'il sera possible de donner quelque détail sur ces observations.

Les cartes ci jointes indiquent les zones de réception des ondes aériennes

(1) Séance du 24 novembre 1924.

provenant des deux premières explosions (15 et 23 mai), jusqu'à quelques centaines de kilomètres; la discussion pour les régions plus éloignées devient fort difficile et n'est pas terminée.



Les régions couvertes de hachures NS ont reçu des ondes pour lesquelles la vitesse apparente de propagation (rapportée au sol) est sensiblement égale à la vitesse du son. Les régions couvertes de hachures EO ont reçu des ondes pour lesquelles la vitesse de propagation apparente est notablement inférieure à la vitesse du son; on peut les appeler zones de réception anormale. On a marqué quelques points avec : leur distance (en km), la durée de propagation (en sec.) et la vitesse de propagation apparente.

A chacune de ces cartes doit correspondre un commentaire qui sera donné ailleurs. En voici un résumé.

I. La zone de réception normale autour de l'origine est très dissymétrique. Vers l'Ouest et l'Est sont deux zones de réception anormale A et C séparées de la précédente par des zones de non-réception très nettes; le bord intérieur des zones de réception lointaine est à une distance peu variable de l'origine, de l'ordre de 180^{km}; le retard relatif des ondes paraît généralement décroître à partir de ce bord; ces zones sont définies par de très nombreuses observations. La zone de réception normale B, vers le Nord, est définie de manière bien différente : l'audition a été nulle dans cette région, et les ondes ont été décelées seulement par trois stations munies d'appareils enregistreurs, Orléans (T. M.) (1), Val-Joyeux (S.-et-O.) (T. M.) (1) et Paris (M. Dufour), dont les indications concordent à manifester une onde de vitesse normale. Vers le Sud, après la zone centrale, il y a une large zone sans réception; dans la région plus lointaine D, quelques auditions dont la discussion ne me paraît pas entraîner la certitude d'une réception d'onde provenant de l'explosion; s'il y a eu réception en D, ce serait avec retard.

II. Zone centrale de réception normale encore très dissymétrique. Dans les secteurs O et S, après une zone de non-réception, zones de réception anormale avec retards du même ordre que ceux constatés lors de la première explosion; il y a raccord probable mais non certain entre ces deux zones. Pour les autres directions, il y a des observations positives isolées, mais en aucun endroit elles ne se présentent en groupements nombreux et concordant. A Meudon, MM. Perot et Baldet ont obtenu un enregistrement, doublé par une observation de flamme sensible de M. Burson; ces indications correspondent à une propagation sans retard. Il y a peut-être eu réception avec retard dans la région de Commercy et réception sans retard dans la région de Lyon.

En résumé, dans ces deux expériences il a été constaté nettement, après la zone centrale de réception, des zones sans réception et des zones de réception lointaine dont les plus étendues correspondent à un retard notable de la propagation par rapport à une propagation normale au voisinage du sol. Il en est de même pour la troisième. Je reviendrai sur l'interprétation de ces résultats; les zones de réception anormale paraissent

(1) Stations établies par le Service géographique de l'Armée.

correspondre à une propagation des ondes s'élevant dans l'atmosphère et dont l'incurvation avec retour vers le sol dépend de la répartition du vent et de la température.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'Œuvre météorologique du* Jacques-Cartier. Note de M. E. Delcambre, présentée par M. G. Ferrié.

La Compagnie générale transatlantique et l'Office national météorologique, en collaboration, ont organisé et développé constamment depuis 1921 un service météorologique spécial à bord du *Jacques-Cartier*, navire-école à trafic transatlantique régulier. Cette Note a pour objet de résumer brièvement les principaux résultats déjà obtenus.

1° *Extension du « réseau » des observations synoptiques rassemblées par T. S. F. pour les besoins de la prévision à terre.* — La réception ininterrompue sur un continent des quatre observations internationales quotidiennes d'un navire pendant toute la traversée de l'Atlantique a été réalisée pour la première fois en janvier 1923 grâce au *Jacques-Cartier* (Le Havre-New-Orléans). Dans l'Atlantique Est, la transmission à Brest est directe; dans l'Atlantique Ouest (ou le Pacifique), elle comporte un relais à Washington.

Ce qui est plus important encore, le *Jacques-Cartier* constitue la première station flottante de *concentration* et de *retransmission* à terre des observations des *autres* navires. Cette organisation est extrêmement utile : 1° parce que les navires ne sont généralement munis que de postes de T. S. F. à faible portée ne permettant d'atteindre le continent qu'au voisinage des côtes ; 2° parce que les nécessités du trafic commercial sont souvent incompatibles avec les difficultés et les pertes de temps inhérentes à l'établissement d'une liaison avec la terre. L'activité du *Jacques-Cartier* dans cette voie n'a cessé de croître; pendant le voyage de retour de mars-avril 1924 (Vancouver-Bordeaux), il a obtenu 61 observations de navires français et 338 de navires étrangers de toutes nationalités (dont certains lui servaient bénévolement de relais pour recueillir les observations de bateaux plus éloignés), soit, dans l'Atlantique, une moyenne de 30 par jour.

Ce « réseau » océanique, d'une *étendue et d'une densité inconnues aupara-*

vant, parvient à Paris en même temps que l'observation propre du *Jacques-Cartier* et la France en assure la diffusion dans toute l'Europe en l'introduisant dans une émission météorologique de la Tour Eiffel.

Un nouveau progrès a été réalisé tout récemment (novembre 1924) par l'emploi des ondes très courtes (115^m). Les messages météorologiques du *Jacques-Cartier* ont été reçus à Paris directement pendant la traversée entière de l'Atlantique (Bordeaux-Panama) et actuellement encore, à certaines heures, le navire se trouvant dans le Pacifique.

2° *Fonctionnement d'une station flottante de prévision du temps sur l'Océan.* — En plus des observations de navires qu'il recueille, le *Jacques-Cartier* dispose des radiogrammes météorologiques européens et américains écoutés à bord [1]. Des cartes, parfois plus précises sur l'Océan que sur le Continent, peuvent ainsi être construites régulièrement deux fois par jour sur le *Jacques-Cartier*, ce qui permet d'élaborer *sur place* (avantage technique important) des prévisions du temps, diffusées par T. S. F. pour les grandes routes transatlantiques. Les navires faisant route vers l'Ouest sont soumis à des changements de temps fréquents et rapides et la prévision a pour eux un intérêt spécial. Quant aux paquebots rapides faisant route vers l'Est ils ne sont dépassés que par une perturbation au plus, même en hiver; il est donc possible parfois de leur indiquer, dès le départ, les grandes lignes de l'évolution du temps pour toute la traversée. Le service de prévision du *Jacques-Cartier* est devenu de plus en plus populaire sur l'Océan : par mauvais temps il n'est pas rare que tous les navires voisins fassent silence pour écouter son émission et souvent des prévisions particulières lui sont réclamées.

C'est la valeur de ces prévisions, établies suivant les méthodes modernes instaurées en France et en Norvège, qui assure le recrutement du « réseau » du *Jacques-Cartier*, ses « clients » pour la prévision du temps devenant ses « fournisseurs » d'observations [2].

Les études de prévision à bord du *Jacques-Cartier* ont fait progresser nos connaissances en météorologie dynamique. De ces travaux qui seront exposés en temps voulu par leurs auteurs, MM. Coyecque et Wehrlé, on peut dès à présent dégager deux conclusions générales essentielles : 1° La

(1) L'émission par la Tour Eiffel de renseignements météorologiques sur ondes très courtes a permis, en novembre 1924, de communiquer directement au *Jacques-Cartier* la situation sur l'ancien Continent pendant toute la traversée de l'Atlantique.

(2) Il faut mentionner aussi le concours sans réserves du Weather Bureau des États-Unis qui dispose de la propagande très efficace des Pilot Charts.

conception de l'« écran » atlantique est surannée; le déroulement des perturbations à travers l'Atlantique est continu. 2° L'action du front polaire se fait sentir parfois jusqu'au voisinage de l'équateur; la permanence des alizés n'est qu'une première approximation.

Le succès de l'expérience du *Jacques-Cartier* a prouvé la possibilité et l'utilité d'un service de concentration et de prévision sur l'Atlantique. Dès 1923 le Comité Météorologique international lui apportait son appui et une consécration officielle. Il convient maintenant d'organiser définitivement ce service par coopération internationale.

BOTANIQUE. — *Cultures pures des Champignons de Lichens.* Note (¹) de MM. **Ch. Kilian** et **R.-G. Werner**, transmise par M. Ch. Flahault.

On sait que la nature double des Lichens a été vivement contestée jadis par la plupart des Lichénologues. Parmi les auteurs, peu nombreux, qui ont essayé de la vérifier expérimentalement, il convient de citer en première ligne Bonnier (²), qui, en réalisant la synthèse des Lichens, se flatte d'avoir tranché définitivement le problème. Cependant M. Chodat (³), doutant de la pureté des cultures de Bonnier, reprend la question; moins affirmatif que son prédécesseur, il conclut (⁴) que les ascospores, contrairement aux gonidies, ne germent pas isolément, ou, lorsqu'elles germent, dégénèrent rapidement. En présence de ces affirmations contradictoires, que penser des résultats annoncés par Moeller (⁵), sans parler des recherches moins complètes de Warèn (⁶) et de Tobler (⁷) qui a cultivé jusqu'à l'état plectenchymateux les Champignons de nombreux Lichens incrustants? Il est d'autre part difficile de contrôler les descriptions de Moeller dépourvues de figures à l'appui. Cette lacune est plus sensible encore, lorsqu'il s'agit des cultures de Lichens foliacés qu'il ne fait que mentionner.

(¹) Séance du 24 novembre 1924.

(²) G. Bonnier, *Ann. Sc. nat. Bot.*, t. 9, 1889, p. 1.

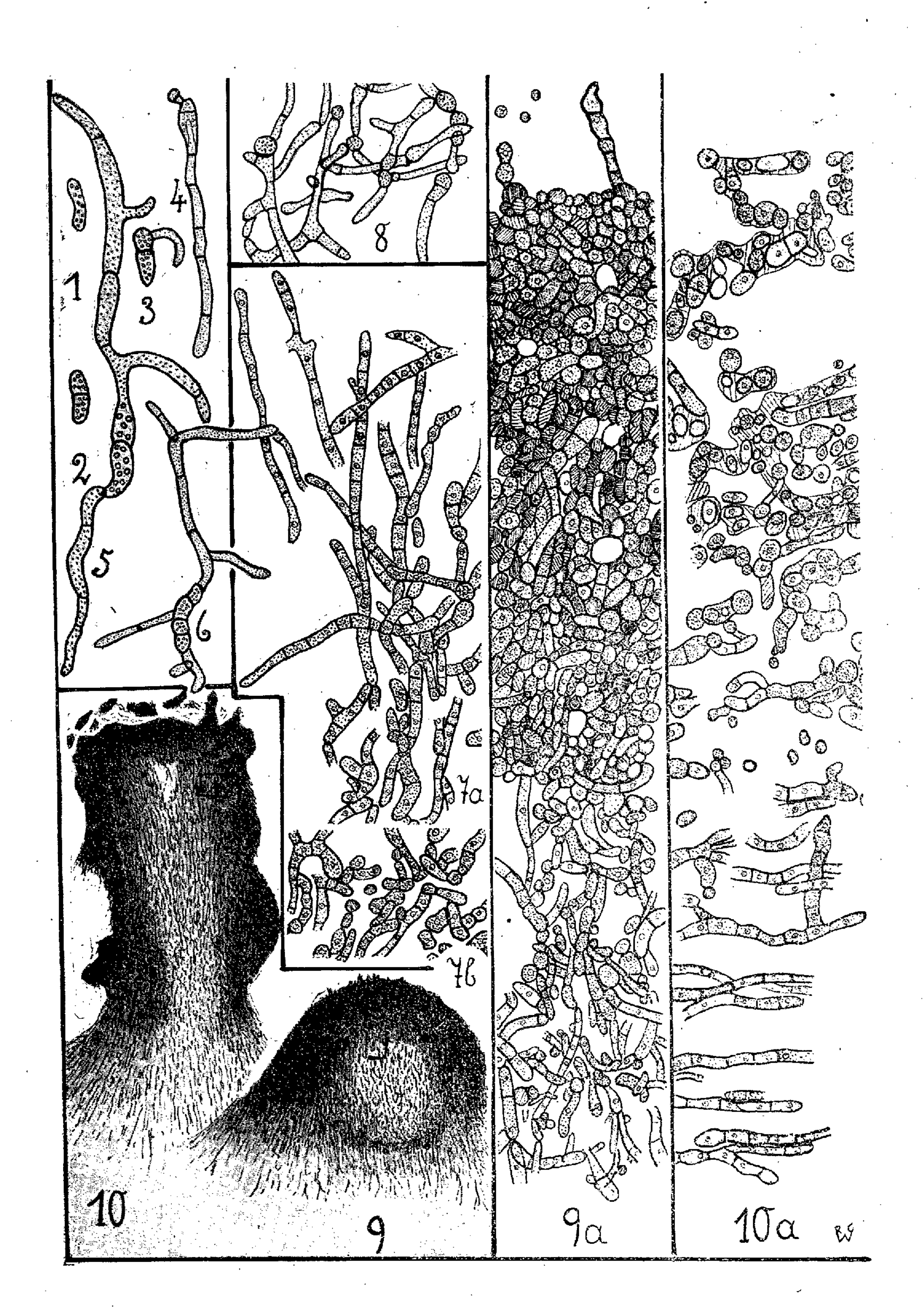
(³) R. Chodat, *Monogr. d'Algues en culture pure*, 1913, p. 110.

(⁴) R. Chodat, *Biologie des plantes*, 1922, p. 72, 73.

(⁵) Moeller, *Ueber Kulturflechtenbild. Ascom. ohne Algen*, 1887.

(⁶) H. Warèn, *Finska Vet. Soc. Foerh.*, (4), t. 62, 1920, p. 20.

(⁷) Tobler, *Jrb. f. wiss. Bot.*, t. 49, 1911, p. 389; *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, t. 29, 1911, p. 3.


1
2
3
4
5
6
8
7a
7b
10
9
9a
10a

Une reprise de cette étude s'imposait donc. Nous l'avons tentée en cultivant en première ligne le *Cladonia squammosa* qui se développe relativement vite. Ses ascospores *unicellulaires* (*fig.* 1, gr. 400), projetées sur le milieu synthétique indiqué par Warèn, ont été isolées par repiquage successif, et observées individuellement; un à deux jours après la mise en culture, elles se cloisonnent transversalement (*fig.* 2, gr. 400), puis émettent un ou deux tubes germinatifs qui s'orientent dans une direction quelconque (*fig.* 3 et 4, gr. 400) et peuvent se ramifier dès le début. A ce moment, après un développement de six jours, le mycélium mesure 50 à 80^{μ} de longueur (*fig.* 5, gr. 400); exceptionnellement les spores elles-mêmes peuvent se cloisonner plusieurs fois (*fig.* 6, gr. 400); elles ne sont plus alors reconnaissables comme telles, dès la seconde semaine. Croissance et ramification se poursuivent activement en tous sens; il en résulte de petites colonies floconneuses, à peine visibles à l'œil nu. Une pareille colonie, de six semaines, coupée tangentiellement laisse apercevoir à sa périphérie (*fig.* 7 *a*, gr. 400) des filaments disposés radialement, semblables à ceux des stades plus jeunes, et au centre un début de plectenchyme lâche (*fig.* 7 *b*). On identifie le Champignon par ses membranes relativement épaisses et ses renflements gorgés de protoplasme, près des cloisons transversales (*fig.* 8, gr. 400). A l'âge de deux mois la jeune colonie mesure $0^{mm},5$ environ. Un mois plus tard la culture devenue plus massive a la forme d'un petit dôme de 1^{mm}, émergeant du substratum auquel il est attaché par des faisceaux d'hyphes rayonnantes. Une coupe transversale de ce stade (*fig.* 9, gr. 45) montre l'ébauche d'une moelle nettement distincte de l'écorce. Cette moelle, vue à un grossissement de 400 (*fig.* 9 *a*, section de la figure 9 encadrée par un trait) est formée d'un plectenchyme très lacuneux, contrastant avec le plectenchyme cortical très serré. Ces deux tissus passent insensiblement l'un dans l'autre à un endroit où se trouverait la couche gonidiale du futur Lichen. La surface du dôme est garnie de conidiophores produisant des conidies globuleuses. C'est à leur présence que nous attribuons l'apparition, après coup, des jeunes colonies entourant l'ancienne.

Notre dernier stade, de 5 mois, mesurant $5:3^{mm}$ se présente sous forme d'un petit cylindre (*fig.* 10, gr. 30). Sa partie apicale est restée identique au dôme du stade précédent; considérablement élargie, elle a été soulevée passivement par l'allongement intercalaire de la partie basale. Les trois tissus ébauchés précédemment sont nettement différenciés. La figure de détail représentant, au grossissement de 400, un fragment transversal du

cylindre limité par un trait, montre la moelle très allongée, formée de filaments longitudinaux lâchement enchevêtrés, à protoplasme vacuolisé et granuleux, puis l'écorce, devenue lacuneuse, renfermant à côté des hyphes vivantes de nombreux éléments morts.

Nos études se sont étendues dans la suite au *Cladonia coccifera*, puis à des représentants des *Physciacées*, *Parmeliacées*, *Ramalinacées*, *Usnéacées*, *Stictacées*, *Peltigéracées* et *Gyrophoracées*. Parmi ces premières le *Xanthoria parietina* nous a fourni des colonies qui, par leur forme et leur coloration jaune, ressemblent le plus au thalle des Lichens correspondants. L'incorporation des Algues dans cette colonie nous démontrera nettement l'action réciproque des symbiotes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les matières azotées des issues de blé. Étude comparative de leur valeur biologique comme facteurs d'entretien, de croissance et de fécondité.* Note de Mme **L. Randoin**, M. **J. Alquier**, Mlles **Asselin** et **Charles**, présentée par M. E. Leclainche.

Quelle est l'influence de la réglementation actuelle de la mouture des céréales sur la valeur nutritive des sous-produits de l'industrie meunière destinés au bétail? — Nous avons d'abord recherché la valeur des protéiques apportés par les types courants d'issues de blé du commerce : *gros sons*, *recoupettes*, *remoulages* et *bâtards*, dont l'analyse chimique a donné les résultats suivants (pour 100g de matière sèche) :

	Matières azotées.	Matières grasses.	Amidon.	Pentosanes.	Cellulose pure.	Cendres.
Gros sons....	15,2	3,3	13,2	30,0	5,0	6,8
Recoupettes..	16,2	3,1	14,0	28,4	4,8	5,8
Bâtards.....	14,1	3,0	23,0	24,3	3,2	4,9
Remoulages..	15,5	2,9	32,0	13,6	2,5	4,3

Leur teneur en matière azotée est donc sensiblement la même : environ 15 pour 100, dont $\frac{2}{3}$ digestibles (détermination directe sur le Rat). Les quatre produits ont, à la bombe, une valeur calorifique égale ($4^{cal},5$ par gramme).

Mais ces substances azotées peuvent-elles assurer *au même degré* l'entretien, la croissance ou la reproduction? *L'analyse biologique*, avec le Cobaye et le Rat comme réactifs, nous a donné la possibilité de répondre à cette question.

Les issues consommées seules constituent des rations fortement *déséquilibrées*

(dépourvues de facteur C, très pauvres en Cl et Na, rapport $\frac{P}{Ca}$ défectueux, etc.). Nos essais préalables d'*alimentation exclusive*, qui le prouvent nettement, ont cependant permis de classer les issues d'après les nombres de jours de survie enregistrés :

	Gros sons.	Recoupettes.	Bâtards.	Remoulages.
Cobaye adulte.......	8 jours	15 jours	18 jours	20 jours
Rat jeune...........	27 »	39 »	102 »	158 »

Étude de la valeur comparée des issues de blé, comme source unique d'azote, dans un régime complété et énergétiquement suffisant : A. *Sur le Cobaye.* — Pour compléter ces aliments, nous avons, — guidés par l'analyse chimique, — ajouté à 100^g de chacun d'eux : des proportions variables d'*amidon* (10-30^g), de *lactate de chaux* (3-5^g) et de *cellulose* (sauf pour les gros sons); 8^g de *graisse de beurre* (facteur A) et 2$^{cm^3}$ par jour de *jus de citron* (facteur C). La qualité de la matière azotée différant seule, ou à peu près, dans les quatre rations ainsi constituées, il devenait possible de comparer sa valeur biologique, suivant sa provenance, comme facteur de croissance chez le jeune ou facteur d'équilibre chez l'adulte.

Les variations de poids des Cobayes dépendent de la *nature* de l'issue ingérée et de l'*âge* de l'animal (*graphique supérieur*).

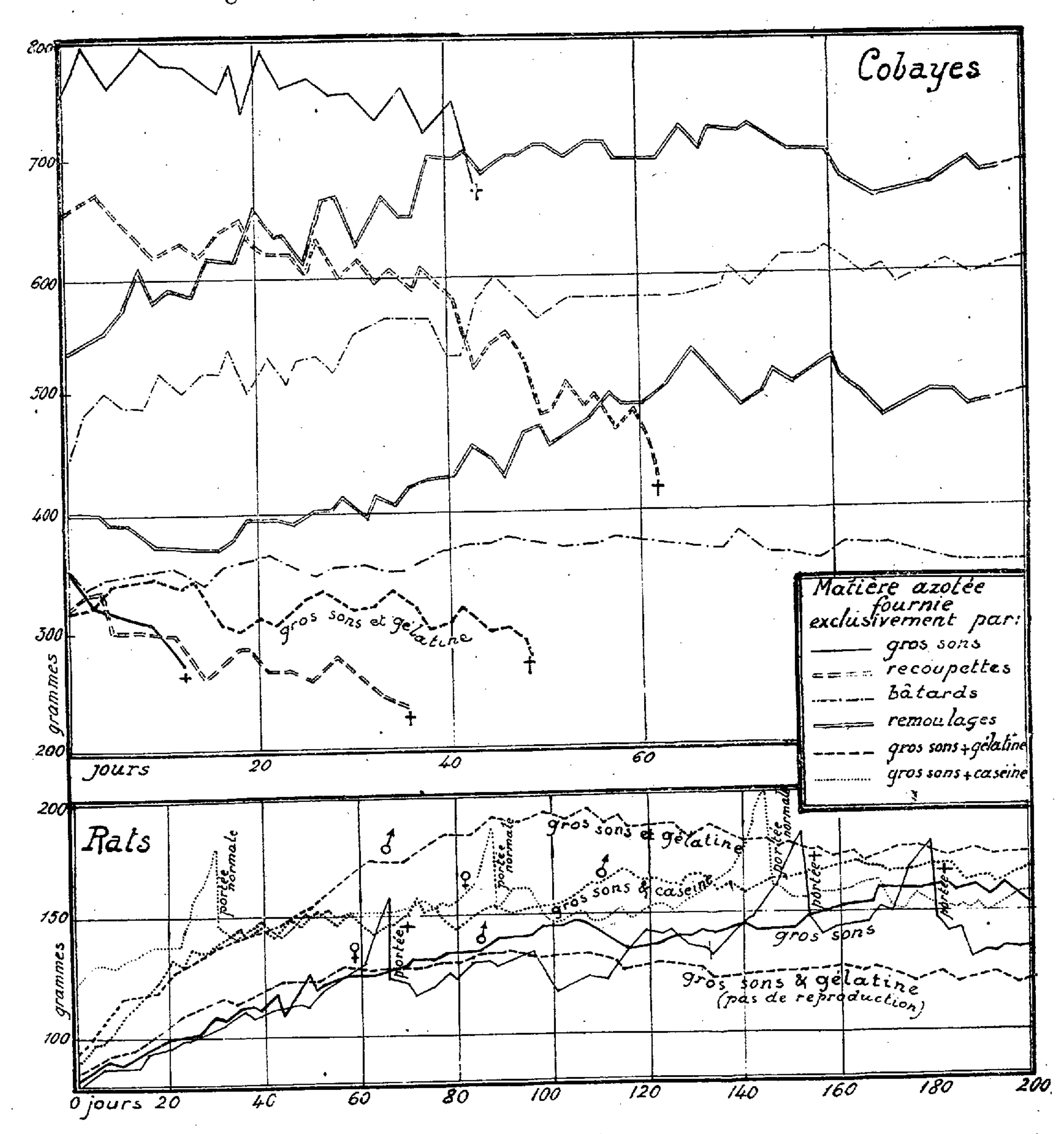
Par ordre de *valeur croissante*, le classement des issues est le suivant :
Gros sons : ni entretien, ni croissance; survie courte.
Recoupettes : ni entretien, ni croissance; mais survie plus longue.
Bâtards : entretien; croissance très inférieure à la normale.
Remoulages : entretien et croissance plus voisine de la normale.

B. *Sur le Rat.* — Nous avons suivi l'entretien, la croissance et la reproduction sur des Rats recevant des *gros sons* additionnés de *saccharose*, de *beurre*, de $NaCl$ et de $CaCl^2$.

Ces issues, ainsi complétées, assurent le cycle normal de la vie avec une reproduction régulière; toutefois, les petits, bien qu'allaités normalement, ne vivent que 2 ou 3 jours (*graphique inférieur*).

Effet de l'addition de gélatine ou de caséine à la matière azotée des gros sons complétés. — La lysine, acide aminé indispensable à la croissance, ne se trouvant qu'en faible quantité dans les sons, nous avons additionné ces derniers de *gélatine* (6 pour 100 de lysine). On prolonge ainsi la survie du jeune Cobaye et l'on active notablement la croissance du Rat, mais seulement à son début. Par contre, l'ingestion de gélatine coïncide avec une stérilité prolongée des femelles (*graphique inférieur*).

Avec un complément de *caséine*, au lieu de gélatine, on obtient la même croissance régulière, mais la fécondation, la gestation et l'élevage des



petits par les mères s'effectuent normalement; nos recherches ont été poursuivies jusqu'à la troisième génération.

Conclusions. — I. Les issues de blé, envisagées comme source unique

d'azote, n'ont pas toutes la même valeur biologique dans une ration normale. Les gros sons et les recoupettes sont très inférieurs aux bâtards et surtout aux remoulages.

II. Si, par addition d'aliments ternaires, minéraux, etc., aux *gros sons*, on n'arrive pas à entretenir la vie chez le Cobaye, on assure, chez le Rat, l'entretien, la croissance et la fécondité, mais sans survie des jeunes.

III. L'addition de *gélatine* à la matière azotée des gros sons ainsi complétés prolonge la survie chez le Cobaye, mais coïncide chez le Rat avec un arrêt de la reproduction. Ce dernier fait semble prouver que le cycle régulier de la vie exige un certain équilibre entre les acides aminés, équilibre que nos recherches laissent supposer devoir être moins strict pour l'entretien et la croissance que pour la reproduction.

IV. La *caséine* remplaçant la gélatine, on n'obtient pas le même arrêt de la reproduction et les portées sont normales. La caséine renfermerait donc un facteur (acide aminé ou autre) nécessaire à la fécondation et à l'évolution normale des embryons et des jeunes, facteur manquant dans les gros sons et la gélatine ou ne s'y trouvant pas en proportion convenable.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE — *De l'action des solutions de sulfate de cuivre sur le Mildiou.* Note de M. et Mme G. **Villedieu**, présentée par M. P. Viala.

Millardet avait signalé en 1886 l'action toxique de très faibles solutions de cuivre pour les conidies et les zoospores du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*); il avait fixé à deux ou trois dix-millionièmes de cuivre, c'est-à-dire à environ un millionième en sulfate de cuivre, la teneur des solutions mortelles pour le mildiou. Ravaz a ramené à $\frac{1}{300000}$ le titre toxique des solutions de sulfate de cuivre.

Il nous a paru intéressant de rechercher sous quel état pouvait exister le sulfate de cuivre dans l'eau distillée ou dans l'eau de pluie [1] dont on se servait pour faire ces solutions, si vraiment il y était bien dissous.

Nous avons remarqué en effet que, filtrées soigneusement sur filtres serrés ou sur filtres doubles, des solutions au $\frac{1}{10000}$ ou au $\frac{1}{20000}$ de sulfate de cuivre abandonnaient au passage une partie de leur cuivre sur le filtre; certains auteurs ont vu dans ce fait un phénomène d'absorption, par la cellulose du filtre, de traces de cuivre de la solution.

---

[1] Ravaz et G. Verge, *Sur les germinations des spores du Mildiou de la vigne* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1422).

Le sulfate de cuivre est hydrolysé par l'eau très profondément et la solution est nettement acide; cette hydrolyse, que Friedel a obtenue complète [avec formation de $SO^4Cu,3Cu(OH)^2$ insoluble] dans les solutions concentrées à 250° en tube scellé, se produit également complètement, à froid, dans les solutions trés étendues.

Nous avons vérifié qu'au bout de quelques heures une solution au $\frac{1}{100000}$ de sulfate de cuivre préparée à l'aide d'une eau distillée sur de l'acide phosphorique pour éviter la présence des traces d'ammoniaque, donnait, après filtrations répétées sur un filtre double, une solution où l'on ne pouvait plus déceler de cuivre.

Le cuivre resté sur le filtre pouvait être facilement redissous par addition d'acide acétique et, après filtration de cette solution acide, caractérisé par le ferrocyanure de potassium.

L'eau distillée des laboratoires et surtout l'eau de pluie employée par les auteurs ci-dessus cités, renferment toujours des traces d'ammoniaque et l'on a vérifié que des traces d'ammoniaque égales au $\frac{1}{5}$ ou au $\frac{1}{10}$ du poids de sulfate de cuivre mis en solution suffisaient dans des solutions beaucoup plus concentrées à provoquer l'insolubilisation du cuivre par suite de la formation de sulfates basiques.

Une solution à $\frac{1}{20000}$ de sulfate de cuivre est entièrement précipitée par la présence dans l'eau de $\frac{1}{100000}$ d'ammoniaque; une solution à $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre l'est également par la présence dans l'eau de $\frac{1}{50000}$ d'ammoniaque ou par la présence de $\frac{1}{10000}$ de soude.

Le floculat, peu apparent au début, se voit nettement après un repos de plusieurs heures; il se dépose au fond du flacon et se remet en suspension par la moindre agitation; la solution filtrée avec soin, additionnée de 1 goutte d'acide acétique et de 2 ou 3 gouttes de ferrocyanure de potassium à 1 pour 100, ne décèle plus la moindre trace de cuivre.

Or il est extrêmement difficile de conserver dans les laboratoires de l'eau distillée exempte de traces d'ammoniaque de l'ordre du dix-millionième; l'eau de pluie utilisée pour étudier l'action toxique des sels de cuivre en renferme près d'un millionième.

Ces traces d'ammoniaque concourent à hâter et à assurer la précipitation par hydrolyse du sulfate de cuivre dans les solutions à $\frac{1}{1000000}$ ou à $\frac{1}{300000}$ dont on s'est servi pour étudier l'action du sulfate de cuivre sur le mildiou; c'est la seule raison qui explique que ces solutions filtrées laissent leur cuivre sur le filtre.

En réalité Millardet, dans ses expériences, a opéré avec de l'eau ne con-

tenant que des précipités, très fins mais parfaitement floculés, de sulfates basiques de cuivre et non pas avec des solutions de sulfate de cuivre comme il le disait.

La solubilisation du cuivre, envisagée par Millardet comme fondamentale pour l'explication de l'action des bouillies sur les zoospores du mildiou, n'est d'ailleurs nullement nécessaire. Nous l'avons vérifié directement sur les pseudo-solutions de sulfate de cuivre de la façon suivante :

On prépare 200^{cm^3} d'une solution au $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre. 100^{cm^3} de cette solution sont additionnés de 2^{mg} d'ammoniac (constituant une solution au $\frac{1}{50000}$ de ce gaz); on agite, on laisse en contact.

Au bout d'un certain temps, on agite à nouveau et l'on filtre soigneusement et à plusieurs reprises, sur un filtre serré, la moitié de cette dernière liqueur.

Sur une partie du liquide filtré, on vérifie l'absence de toute trace de cuivre; celui-ci d'ailleurs est rejeté sur le filtre très visible. On se trouve alors en présence :

1° D'une solution à $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre;

2° D'un liquide trouble contenant du cuivre précipité;

3° D'un liquide limpide ne renfermant plus traces appréciables de cuivre;

4° D'un faible précipité cuprique sur le filtre.

On utilise alors des conidies de *Phythophthora infestans* (mildiou de la pomme de terre) cultivé sur des tranches de pomme de terre crue pour ensemencer :

1° Une goutte de la solution au $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre;

2° Une goutte de la liqueur trouble contenant le cuivre précipité;

3° Une goutte de liquide filtré sans cuivre;

4° Une goutte d'eau dans laquelle on dilue une trace du précipité prélevé sur le filtre avec un fil de platine.

On observe au microscope les faits suivants :

Sur la solution de sulfate de cuivre, dans la liqueur contenant le sel de cuivre précipité, dans la goutte d'eau contenant une trace du précipité prélevé sur le filtre, il ne se produit ni éclosion, ni germination.

Dans le liquide filtré au contraire, les conidies s'ouvrent, les zoospores naissent, s'agitent, se fixent et germent normalement.

Ce n'est donc pas au cuivre dissous, qu'il faut attribuer uniquement l'action toxique de ces solutions, puisque les sels précités ont une action égale à la solution.

Ces faits se répètent avec des résultats identiques en utilisant une solution contenant $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre et $\frac{1}{40000}$ de soude.

Il résulte de ce travail :

1° Que les liqueurs extrêmement diluées de sulfate de cuivre, utilisées jadis par Millardet pour étudier l'action toxique de ce sel sur le mildiou, n'étaient en réalité que des suspensions de sulfates basiques de cuivre précipités;

2° Que, sous cette forme d'ailleurs, les précipités de sulfates basiques de

cuivre sont toxiques pourvu qu'ils soient répartis par agitation dans le liquide où ils agissent tout simplement par contact, comme les autres oxydes basiques, ainsi que nous l'avons déjà signalé (¹) dans une Note antérieure où nous avons étudié l'action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre.

EMBRYOGÉNIE. — *Les glandes génitales et les cellules sexuelles primordiales chez l'Annélide* Salmacina Dysteri (*Huxley*). *La genèse des ébauches génitales par des gonocytes extracœlomiques.* Note de M. **A. Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

L'origine des gonades et des cellules sexuelles primordiales est étudiée ici chez un petit Serpulide *Salmacina Dysteri*, qui est hermaphrodite. Le problème dont il s'agit intéresse l'ensemble des Annélides, et il y a tout lieu de penser qu'il y est posé de la même manière que chez les Vertébrés. Malgré l'intervalle immense qui sépare ces deux groupes, certaines parties de leur constitution fondamentale leur sont communes, de sorte que la genèse de l'ébauche génitale par l'épithélium cœlomique ou par des éléments extracœlomiques s'y présente avec les mêmes aspects essentiels.

Selon l'opinion admise jusqu'ici par la presque unanimité des auteurs (Hatschek, Meyer, Eisig, Goodrich, Lang, etc.), l'ébauche sexuelle des Annélides dérive directement de l'épithélium cœlomique (endothélium péritonéal, cœlothèle), de même que dans la conception de l'épithélium germinatif de Waldeyer chez les Vertébrés; cette opinion a été une des bases de la théorie gonocœlienne de Lang. D'autre part, si les études sur l'ontogenèse des Annélides ont permis de préciser rigoureusement les lignées cellulaires somatiques (Wilson, Eisig, Treadwell, Child, Wolterek), par contre, les cellules sexuelles seraient d'apparition si tardive que leur lignage n'a pu être décélé); naissant, comme on l'a pensé jusqu'ici, aux dépens d'éléments du mésoderme cœlomique, elles proviendraient de cellules ayant acquis déjà le caractère somatique. Ces deux ordres de faits concordaient donc et justifiaient l'opinion que le cas des Annélides était peu favorable, ou même nettement défavorable, à une question fondamentale de la Biologie : l'existence d'une lignée germinale, distincte de la lignée

(¹) M. et Mme Villedieu, *Action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 534).

somatique. Les recherches que je vais exposer contredisent formellement, en dehors de toute conception théorique, les données acceptées jusqu'ici; elles reposent sur trois groupes de faits qui seront successivement examinés : la situation et la genèse des ébauches génitales, par rapport à l'épithélium cœlomique; l'existence des cellules sexuelles, ou gonocytes, extérieures et indépendantes de l'épithélium cœlomique; l'existence dans le développement embryonnaire de deux cellules sexuelles primordiales.

Constitution de l'ébauche génitale primitive : les gonocytes. — La situation de la première ébauche génitale se décèle le mieux dans les segments postérieurs du corps, précédant immédiatement la zone pygidiale d'accroissement métamérique, chez les Salmacines dont l'évolution sexuelle est peu avancée. Les ébauches s'y rencontrent symétriquement à droite et à gauche de l'insertion du mésentère ventral (côté neural chez les Annélides), à une faible distance de la face postérieure du dissépiment transversal. A son état le plus simple et avant toute multiplication des éléments qui la composent à ce stade, chaque ébauche segmentaire comprend trois, quatre ou cinq cellules sexuelles qui sont les gonocytes. Les coupes rencontrent parfois deux, parfois trois gonocytes en plan transversal, mais n'en rencontrent souvent qu'un seul, les autres se trouvant en arrière ou en avant. Ces gonocytes, dont le cytoplasme réduit a des limites imprécises, se reconnaissent à leur noyau clair, régulièrement sphérique, plus volumineux en général que les noyaux des cellules somatiques, présentant des masses chromatiques en nombre sensiblement constant et fixe (14 ou 16) disposées à la périphérie de la sphère nucléaire, le centre de cette sphère paraissant optiquement vide; il n'y existe pas de nucléole et chacune des masses chromatiques correspond vraisemblablement à un chromosome. Cette phase nucléaire marque un état de long repos de l'activité mitosique.

Les caractères les plus importants de cette première ébauche, c'est que les gonocytes qui la constituent sont indépendants les uns des autres, indépendants de la membrane péritonéale et nettement extracœlomiques; ils ne forment aucune association épithéliale, se présentant en un mot sous une forme dissociée. Dans leur voisinage immédiat, l'épithélium cœlomique passe au-dessus d'eux, soit tout contre, soit à quelque distance, et n'est nullement modifié; il conserve son caractère purement endothélial avec ses noyaux proéminents, ovalaires, mais plus petits et chromatiquement très différents de ceux des gonocytes. Les constituants de l'ébauche sexuelle reposent dans le tissu sous-jacent à l'endothélium péritonéal, tissu mésenchymateux nutritif, peu abondant dans les segments postérieurs de

l'Annélide, et remplissant l'espace compris entre les parois du cœlome et les muscles longitudinaux. Les cellules sexuelles extracœlomiques constituent ainsi deux rangées, ou deux files parallèles et discontinues de part et d'autre de la ligne médiane formée par l'insertion du mésentère ventral. L'origine des gonocytes, qui sera examinée ultérieurement, confirmera leur entière indépendance de l'épithélium péritonéal.

Accroissement de l'ébauche génitale dans le cœlome. — Quand les gonocytes, après une longue phase d'inactivité, commencent à se multiplier, ils forment de petits amas ou de petits nids et leurs descendantes immédiates sont les cellules goniales. Celles-ci présentent, à ce moment, des noyaux ayant un des caractères de la mitose. Ces amas, au début de leur accroissement, constituent une petite bosselure soulevant la paroi péritonéale qui la recouvre et la sépare du cœlome, et l'ébauche est constituée par deux, trois ou quatre gonies, provenant d'un gonocyte initial. A ses débuts, elle est largement adhérente au tissu sous-jacent. A mesure qu'elle fait hernie dans la cavité du corps, sa base d'insertion, quand il s'agit d'une glande femelle, se rétrécit, tout en restant enveloppée par l'endothélium péritonéal. Elle se pédiculise et présente alors une disposition comparable à certaines asques de Champignons; la très jeune gonade pédiculée peut alors ne compter encore que quatre oogonies, toujours entourées et limitées par l'endothélium intact et inchangé. Puis l'ébauche s'allonge en un cordon ovarien étroit et saillant, qui, après une multiplication limitée des oogonies, se transforme en un cordon ovarien s'épaississant en massue à son extrémité libre; les oocytes, volumineux, sont peu nombreux. Pendant une longue période de l'accroissement des cellules femelles, l'endothélium est reconnaissable. Puis, comme chez les autres espèces du groupe des Annélides, les oocytes tombent, après rupture de l'endothélium, et deviennent libres dans le cœlome. Les gonades mâles qui, dans la *Salmacina Dysteri*, se développent dans les métamères génitaux antérieurs, présentent une genèse semblable; mais très rapidement à cause de la production considérable des spermatogonies, et de la libération précoce des produits sexuels dans le cœlome, les rapports primitifs de la gonade sont modifiés par la disparition de l'épithélium cœlomique.

En résumé, les glandes génitales, chez la Salmacine, et vraisemblablement chez la généralité des Annélides, ne dérivent pas d'une transformation de l'épithélium cœlomique, et celui-ci ne participe en rien à la genèse des cellules sexuelles. L'ébauche génitale tire son origine, de même qu'on l'a constaté chez beaucoup de Vertébrés, *d'une lignée de cellules sexuelles, les*

gonocytes extracœlomiques, situés dans le tissu mésenchymateux sous-jacent. Par leur multiplication, les gonocytes donnent les cellules goniales; celles-ci soulevant la paroi péritonéale font hernie dans le cœlome dont elles restent séparées plus ou moins longtemps par l'épithélium cœlomique; puis ce dernier disparaît et les cellules génitales directement en contact avec le cœlome y seront libérées ultérieurement.

ENTOMOLOGIE. — *La zoophilie chez les moustiques et son application à la prophylaxie*. Note de M. **J. Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note antérieure ([1]), j'ai mis en évidence l'androphobie de deux espèces culicidiennes (*Culex pipiens* et *Anopheles maculipennis*) que j'avais observées dans une station balnéaire des Côtes-du-Nord où le culicine est commun et l'anophéline rare. Ces mêmes espèces ne se trouvent ni dans les basses-cours, ni dans les étables et doivent probablement se nourrir sur un oiseau sauvage. J'en avais conclu à la possibilité d'utiliser ponr la prophylaxie l'androphobie de certains Culicides en les introduisant dans les régions où les moustiques sont androphiles pour essayer de les substituer à ceux-ci en établissant une concurrence vitale au stade larvaire entre les races qui piquent l'homme et celles qui ne le piquent pas.

A cet effet, j'avais transporté en juillet 1923 à Pons, où *Culex pipiens* et *C. hortensis* se nourrissent habituellement sur l'homme, un lot important d'œufs et de larves des *C. pipiens* bretons. La similitude dans les deux localités des gîtes larvaires à surface limitée : auges, barriques contenant de l'eau pour les usages domestiques, la rusticité des Culex bretons accoutumés à la concurrence interlarvaire dans des gîtes clos surpeuplés de larves du seul *C. pipiens* ou mélangés avec celles d'*A. maculipennis*, permettaient de supposer qu'ils sauraient tenir leur place dans les gîtes de même nature qu'ils trouveraient à Pons et éliminer en totalité ou en partie les moustiques androphiles de Saintonge.

A un an d'intervalle il était intéressant d'observer les Culex bretons dans leur nouvel habitat. J'ai pu me rendre compte, au cours d'investigations pendant l'été de 1924, que leurs fonctions de nutrition et de relation ne se sont pas modifiées. Éclos, comme en Bretagne, à quelques mètres des habitations, ils manifestent toujours à l'état d'imagos la même répugnance pour

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 790.

l'homme. Dans l'immeuble où je les ai plus spécialement observés, on les trouvait exclusivement et en petit nombre dans une resserre à paroi antérieure vitrée sise dans le jardin à 30^m de la maison. Antérieurement à l'introduction à Pons des Culex bretons, il était impossible de trouver des moustiques dans ce local, mais facile d'en trouver dans les chambres de la maison. Après avoir passé la journée au repos dans cette resserre, ils se mobilisaient au coucher du soleil; ils provenaient d'un gîte situé en dehors, mais à proximité de l'immeuble. Ils avaient bien toutes les habitudes des Culex bretons; issus au contact d'une habitation occupée où il y a de jeunes sujets ils n'y pénètrent pas, alors qu'on y trouve des Chironomes et des Éphémères provenant du même gîte; on n'en voit pas davantage dans les maisons voisines. Ils ne piquent jamais l'homme, ne manifestent leur présence à aucun moment de la journée ou de la soirée; *pour les voir il faut les chercher*. Leur vol est silencieux et non bruyant comme celui des androphiles. Je n'ai pu trouver de femelles gorgées de sang, mais j'ai capturé plusieurs fois des femelles ovigères pour les faire pondre. L'oviposition et l'éclosion des larves avaient lieu dans les délais normaux.

En captivité comme en liberté ils montrent la même androphobie. Une quinzaine de Culex éclos le 12 août, mis en élevage dans une grande boîte, refusèrent à plusieurs reprises, dont la première un mois après l'éclosion, de piquer ma main placée dans leur cage pendant 5 à 10 minutes; ils ne s'en approchaient même pas, ne manifestaient ni curiosité ni crainte.

A partir de la fin de la première décade d'octobre, je trouvai presque chaque matin dans ma chambre et dans la chambre voisine deux ou trois femelles de *C. pipiens*. Ces femelles n'ont piqué personne; leur abdomen ne contient pas de sang. Comme en Bretagne à la même époque, elles rentrent en petit nombre dans les habitations pour passer l'hiver.

Les conclusions à tirer de l'introduction des Culex bretons à Pons sont nettes. Au moins dans le quartier où je les ai élevés l'année dernière, ils se sont multipliés, ainsi qu'il était à prévoir, et semblent s'être substitués entièrement à la race indigène androphile. Ils ont conservé sans modification leur androphobie dans les fonctions de nutrition et de relation. C'est qu'ils ont dû trouver dans leur nouvel habitat l'animal, leur hôte d'élection, ou un autre de leur goût. Si cette répugnance des moustiques de Pons pour l'homme persiste, il sera permis d'en conclure à la disparition des *C. pipiens* androphiles autochtones.

Cette méthode prophylactique d'opposition des Culicides zoophiles aux androphiles, ou *entomoprophylaxie*, est à mettre en pratique non seulement

contre les moustiques agents de transmission de la filariose, de la fièvre jaune et de la dengue, mais aussi contre les moustiques propagateurs de la malaria.

Les résultats de l'acclimatation des Culicides inoffensifs dans des régions à Culicides nuisibles varieront avec les conditions biologiques que les premiers trouveront dans leur nouvel habitat; il en est ainsi de l'introduction dans un milieu nouveau de tout animal terrestre ou aquatique. L'entomoculture culicidienne ne sera, le plus souvent, que de la stagniculture dans des auges, tonneaux, mares, etc., véritables petits étangs à moustiques où les zoophiles au stade ailé de leur existence pourront, une fois introduits dans une localité, se propager dans tous les gîtes sans intervention nouvelle de l'homme.

L'entomoprophylaxie, utilisant non seulement les Culicides zoophiles mais aussi, parmi les Anophélines, les espèces réputées inaptes à servir d'hôtes à l'hématozoaire de la malaria, sera utilement applicable en France pour les Culicines dans les villes telles que Strasbourg, La Rochelle, etc., où ils sont un tourment, en Afrique du Nord et dans nos colonies pour les Culicines et Anophélines qui y sont un danger. Dans sa défense contre les moustiques, l'homme doit rechercher les auxiliaires capables de multiplier son effort par leur nombre et par le jeu de leurs instincts, ainsi qu'on le fait avec succès contre les insectes nuisibles aux plantes en leur opposant d'autres insectes qui sont leurs ennemis naturels.

ENTOMOLOGIE. — *Sur une nouvelle maladie des chenilles de* Pieris Brassicæ *L. et sur les maladies du noyau chez les insectes.* Note (¹) de M. **A. Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

Dans une Note précédente (²), nous avons montré que la cause de la Grasserie du Ver à soie devait être attribuée à un agent microbien visible seulement à l'ultramicroscope et parasite vraisemblablement endocellulaire. Des faits de même ordre, et qui jettent de nouvelles lumières sur l'étiologie de la Grasserie et des maladies similaires, viennent d'être mis en évidence par l'étude d'un type nouveau de maladie des chenilles de *Pieris brassicæ*. Dès 1917, nous avons constaté l'existence de cette maladie très répandue et cependant non signalée jusqu'ici. Les chenilles malades ne se

(¹) Séance du 1er décembre 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 229.

distinguent pas extérieurement des chenilles saines; dans leur sang plus ou moins trouble, on n'observe la présence d'aucun microbe, mais seulement de cellules sanguines plus ou moins altérées, de débris cellulaires ou de globules de graisse et d'éléments hyalins de forme très irrégulière : droits ou contournés, simples ou ramifiés, renflés en général en plusieurs points de leur longueur. Ces corps prennent naissance dans les cellules sanguines ou adipeuses par un processus qui rappelle celui de la formation des corps polyédriques dans la Grasserie du Ver à soie.

La maladie est de nature infectieuse : si l'on inocule dans la cavité générale de chenilles de Piéride, une gouttelette de sang infecté, même très diluée, on déclanche les symptômes caractéristiques de la maladie. Ces symptômes apparaissent beaucoup plus tôt que dans la Grasserie : ils se manifestent par une altération très curieuse de la chromatine du noyau de certaines cellules sanguines, en particulier, du noyau des micronucléocytes et des œnocytoïdes. Il est facile de suivre les phases successives de la transformation nucléaire en colorant des frottis de sang avec le mélange de Giemsa. Quelques heures après l'inoculation, on constate que la chromatine, normalement répartie en grains de petite taille, a tendance à se condenser en masses plus ou moins grosses et de forme très irrégulière. Certains aspects rappellent des phases de la division caryocinétique; ces masses peuvent se disperser dans le cytoplasme de la cellule; mais on observe le plus souvent une sorte d'infiltration de la chromatine dans le protoplasme; les cellules apparaissent alors avec deux noyaux dissemblables: l'un formé de masses de chromatine, l'autre constitué par de la chromatine diffuse. Dans une phase ultérieure, une partie ou la totalité de la chromatine diffuse se dispose en anneau équatorial; ces anneaux apparaissent très nettement à l'état frais, grâce à leur forte réfringence. Dans une dernière phase, la cellule est détruite et les anneaux flottent en liberté dans le sang; à ce moment, ces derniers ne possèdent plus les réactions colorantes de la chromatine et leur présence ne peut être constatée que par examen du sang à l'état frais; ils peuvent s'ouvrir et donner naissance à des corps rectilignes plus ou moins allongés dont beaucoup présentent des renflements. Les corps hyalins résultant de la transformation de la chromatine nucléaire peuvent présenter des ramifications et des anastomoses; c'est ce qui se produit par exemple dans les cellules adipeuses. Quelle que soit leur forme, on doit les considérer comme les homologues des corps polyédriques réguliers qui naissent à la suite de l'altération nucléaire au cours de l'évolution de la Grasserie du Ver à soie.

Contrairement à ce qui se passe dans cette dernière maladie, le tissu adipeux n'est pas détruit en totalité; d'autre part, les macronucléocytes du sang ne paraissent pas subir d'altération. La maladie des chenilles de Piéride serait donc d'un caractère plus bénin que les maladies à polyèdres en général. Cependant, nous avons pu constater, pendant les chaleurs de l'été, une mortalité assez importante parmi les très jeunes chenilles de Piéride; l'examen du sang des chenilles malades nous a permis de mettre en évidence les lésions caractéristiques de la maladie. D'autre part, il est assez curieux de constater que les plantations de Choux où la maladie a sévi avec le plus d'intensité pendant l'été, n'ont pas eu à souffrir de la génération d'automne; le rôle économique de la maladie serait donc plus important que ne le laissent prévoir les caractères pathologiques.

L'examen ultramicroscopique du sang de chenille en voie d'infection révèle l'existence de granules très petits en suspension dans le sang; ces granules sont animés de mouvements à grande amplitude et ne peuvent être distingués de ceux que nous avons observés dans le sang des Vers à soie atteints de Grasserie. On les observe nettement dans le cytoplasme de certaines cellules, principalement dans les vacuoles résultant de la liquéfaction du cytoplasme. La filtration sur bougie de porcelaine à pores fins arrête les granules ultramicroscopiques et détruit la virulence du sang. Le chauffage à 70° diminue la virulence sans la supprimer complètement; la destruction de la virulence est complète à 75°.

De nos expériences, on est en droit de conclure que les granules représentent l'agent actif de la maladie. Ils ne présentent rien de commun avec les Chlamydozoaires décrits récemment par Komarek et Breindl [1] dans les polyèdres nucléaires des chenilles de *Lymantria* (= *Psilura*) *monacha* atteintes de « Polyederkrankheit ». La présence des granules dans les cellules sanguines laisse supposer que le virus est un parasite intracellulaire. L'action de la chaleur sur l'évolution du parasite n'est pas aussi marquée que sur celle du parasite de la Grasserie; cependant, nous avons pu constater que les symptômes apparaissent d'autant plus rapidement que la température ambiante est plus élevée. Contrairement à ce qui se passe dans la Grasserie, la maladie évolue très bien à température inférieure à 18° C. L'évolution paraît suspendue à température inférieure à 8° C.

Nos recherches sur la Grasserie du Ver à soie, sur la maladie à polyèdres de *Lymantria dispar*, sur la maladie des chenilles de Piéride; les

---

[1] *Zeitsch. f. angewandte Entomologie*, Bd 10, Heft I, 1924, p. 99-162.

résultats des observations d'autres auteurs sur les deux premières maladies et sur la « Polyederkrankheit » de *L. monacha*, nous permettent de tirer les conclusions générales suivantes :

1° Il existe chez les chenilles de Macrolépidoptères un type de maladie de nature infectieuse caractérisé par l'altération du noyau de certaines cellules de l'organisme, cellules sanguines et adipeuses principalement; nous proposons de donner à ces maladies le nom de « maladies du noyau », plus général que celui de « maladies à polyèdres »;

2° La cause des maladies du noyau chez les Insectes est un microorganisme vraisemblablement endocellulaire (intracytoplasmique) visible à l'ultramicroscope, mais non colorable par les méthodes ordinaires. Ces microorganismes ne peuvent être classés avec certitude parmi les Bactéries ou les Protozoaires;

3° Les maladies du noyau sont héréditaires.

PHOTOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la fluorescence de quelques composés métalliques de l'hématoporphyrine*. Note de MM. **Ch. Dhéré**, **A. Schneider** et **Th. van der Bom**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parmi les composés métalliques de l'hématoporphyrine qu'on peut préparer artificiellement ([1]), certains n'émettent pas de lumière fluorescente correspondant à la plage rouge jaune du spectre (combinaisons avec le cuivre, le fer ou le cobalt); d'autres, au contraire, émettent des radiations fluorescentes comprises dans cette plage spectrale (combinaisons avec le zinc, l'étain, le plomb et le cadmium).

1° Combinaison avec Zn. — Obtenue en milieu ammoniacal par addition d'hydroxyde de zinc. Le composé est précipité par addition d'acide acétique. Le pigment, après lavage et dessiccation, est dissous dans l'alcool absolu et la liqueur présente une forte fluorescence d'un orangé jaune (rayons excitateurs de $\lambda < 470^{\mu\mu}$). Les déterminations photographiques du spectre de fluorescence ([2]), avec une solution à 1 *cinquante-millième*, ont fourni les résultats suivants (λ en $\mu\mu$) :

([1]) Cf. J.-A. Milroy, *Biochemical Journal*, t. 12, 1918, p. 318.

([2]) Nous avons procédé exactement comme il a été dit dans notre Note communiquée le 28 juillet 1924 (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 351).

Durée de pose.	Limites extrêmes.	Structure. Bande I.	Bande II.
45 secondes.........	636-579	636-616	583-579
90 »	637-576	637-616	587-576
3 minutes..........	644-572	644-615	592-572
6 »	645-572	645-615	593-572
12 »	648-569	648-614	594-569

Un *minimum* (de 626-621 environ) est nettement visible dans la bande I des quatre derniers spectres.

2° Combinaison avec Sn. — Obtenue en milieu acétique par addition de $SnCl^2$. On dilue la liqueur avec de l'eau et l'on extrait le pigment avec du chloroforme. La solution chloroformique est concentrée par distillation sous pression réduite et mise à évaporer complètement dans le vide au-dessus de chaux sodée. Dissous dans l'alcool absolu (¹), le composé stanneux présente une fluorescence d'un orangé jaune. Les déterminations photographiques, avec une solution à 1 *vingt-millième*, ont fourni les résultats suivants :

Durée de pose.	Limites extrêmes.	Structure. Bande I (lueur).	Bande II.
45 secondes...	636-576	635-627	
90 » ...	637-576	635-627	583- ?
3 minutes....	642-573	636-627 (627-620)	585-576
6 »	649-568	644-620 (620-614)	588-574
12 »	654-567	648-613	590-572

Un *maximum secondaire*, ayant pour axe 603 environ, est visible sur les deux derniers spectres.

3° Combinaison avec Pb. — Préparée suivant les indications de Milroy, en présence de soude. La préparation réussit également en remplaçant la soude par l'ammoniaque. Dans les deux cas, fluorescence rouge orangé de la liqueur. Cette fluorescence est nette aussi avec le produit privé d'ammoniaque (par distillation) et dissous dans l'alcool absolu.

(¹) Le très remarquable spectre d'absorption du pigment stanneux, *dissous dans l'alcool acétique ou dans l'alcool acidifié*, a été découvert et bien décrit par Milroy. Nous avons constaté que, *dissous dans l'alcool absolu (ou dans l'ammoniaque concentrée)*, notre produit possédait un spectre très analogue; en outre, c'était seulement quand les deux bandes principales, caractéristiques, étaient presque fusionnées qu'on parvenait à distinguer avec une netteté suffisante (comme en milieu acide) une bande supplémentaire dans l'orangé (emploi d'un spectroscope à prisme).

D'après Langecker (1921), ce composé possède une fluorescence verte. On a bien l'impression qu'il en est ainsi en éclairant la liqueur avec de la lumière blanche (ou mieux avec de la lumière filtrée, de $\lambda < 610^{\mu\mu}$); mais il ne doit pas s'agir d'un phénomène de fluorescence, car toute coloration verte disparaît dès que les radiations vertes ont été exclues du faisceau excitateur, par interposition sur son trajet d'un filtre approprié (solution de violet de méthyle, par exemple).

4° Combinaison avec Cd. — En procédant comme l'a indiqué Milroy, on obtient une liqueur offrant une fluorescence orangée assez forte.

Les résultats que nous avons obtenus avec les composés de zinc et d'étain nous semblent particulièrement intéressants et significatifs. Dans ces deux cas, en effet, les spectres de fluorescence ont été déterminés d'une façon précise; de plus, les composés avaient été, après isolement, dissous dans l'alcool absolu, et ils avaient été préparés à partir d'hématoporphyrine libre et cristallisée. Or nous constatons, d'une part, que les spectres de fluorescence de ces deux composés, — qui (comme les spectres d'absorption) sont semblables à première vue, — offrent de curieux détails de structure caractéristiques (présence d'un *minimum* dans la bande I du *composé de* Zn, présence d'un *maximum secondaire* entre les bandes I et II du *composé de* Sn). D'autre part, les spectres de fluorescence de ces composés métalliques diffèrent beaucoup par leur structure de celui de l'hématoporphyrine libre [dissoute également dans l'alcool absolu (¹)] et ils s'étendent bien davantage dans l'orangé et le jaune, en conservant une grande intensité.

BIOLOGIE. — *Sur une méthode nouvelle de parthénogénèse expérimentale et son interprétation*. Note (²) de M. **Albert Dalcq**.

On a souvent cherché à expliquer la parthénogénèse expérimentale par des actions chimiques. Mais les théories conçues dans cet esprit se heurtaient jusqu'ici à cette objection, formulée par Delage : dans les méthodes classiques, l'activation ne se manifeste pas, ou seulement de façon rudimentaire, dans la solution à laquelle on attribue l'action chimique initiatrice du développement; la segmentation exige le retour à l'eau de mer, et ne survient qu'après un délai appréciable. Or, il n'en est pas nécessairement ainsi. Au cours de nos recherches sur la physiologie de l'œuf en maturation, nous

(¹) Voir notre Note déjà citée.

(²) Séance du 1er décembre 1924.

avons constaté que l'on peut obtenir dans un seul et même milieu la maturation, l'activation et la segmentation de l'œuf d'*Asterias glacialis*.

On prélève les oocytes d'un ovaire mûr et on les place dans un mélange de NaCl, KCl, $MgCl^2$ et $CaCl^2$. La solution doit être isotonique ou légèrement hypotonique à l'eau de mer et contenir un excès de $CaCl^2$ (60 à 80 pour 100 de la solution isotonique de ce chlorure). Une fois entrés en maturation, les œufs expulsent en général un seul globule polaire, de volume exagéré ([1]). Le pronucleus s'étant reconstitué, ils restent plusieurs heures au repos. Puis, dans la solution même, ils entrent en segmentation. Dans les expériences les mieux réussies, plus de 95 pour 100 des œufs se sont clivés dans ces conditions. Les morulas ont alors été reportées dans l'eau de mer et ont donné des larves qui, sans être parfaites, étaient douées d'une grande vitalité et ont été observées pendant 15 jours.

La méthode ne réussit naturellement que mieux si l'on transfère les œufs activés au milieu normal avant leur segmentation; mais au point de vue théorique, la possibilité du clivage dans la solution activante est d'une grande importance; elle oriente l'interprétation dans le sens d'une action directe, chimique ou physico-chimique, du milieu sur les œufs.

Or, cette méthode si simple se prête admirablement à l'analyse. Elle permet de voir que l'activation peut se présenter sous une série de formes de plus en plus parfaites, qui jalonnent en quelque sorte la mise en branle des rouages de la division cellulaire. A côté des images banales de monaster, d'asters accessoires de lobulation désordonnée du corps cellulaire, signalons les processus d'*autotomie végétative* et de *segmentation partielle* ([1]).

Le premier consiste en un clivage du cytoplasme suivant un plan perpendiculaire à l'axe de polarité. Ce mode spécial de division, qui a la régularité d'un plasmodiérèse typique, se produit vers le moment où l'œuf devrait se segmenter. Il isole un lobe végétatif, anucléé d'un lobe animal, nucléé. L'autotomie végétative a ceci de remarquable, au point de vue de la physiologie de la division cellulaire, qu'elle peut s'accomplir sans qu'aucune irradiation astérienne apparaisse dans l'œuf. Mais en pareil cas, celui-ci ne va pas plus loin. La segmentation partielle survient lorsque le réveil de l'activité nucléaire et astérienne se greffe sur l'autotomie végétative. Elle peut donner des larves imparfaites, qui vivent quelques jours. En dehors de leur intérêt cytologique intrinsèque, l'autotomie végétative et la segmentation partielle réalisent une transition entre l'œuf inerte ou légèrement activé et la segmentation totale. Celle-ci peut d'ailleurs présenter encore des nuances dans le degré de concordance entre la caryocinèse et la plasmodiérèse.

Mais le procédé d'activation par les mélanges riches en Ca ne révèle

---

([1]) Voir *C. R. de la Société de Biologie*, t. 90, 1924, p. 957 et 961.
([2]) Voir *Bulletin d'Histologie appliquée*..., t. 1, novembre 1924, p. 465.

pas seulement les étapes morphologiques du processus. Il permet encore d'en saisir le déterminisme en comparant les effets de solutions variées sur les œufs d'un même ovaire. Des milieux contenant la même proportion de $CaCl^2$ donnent des résultats nettement différents suivant que l'on y introduit en outre NaCl, KCl ou $MgCl^2$, ou encore des mélanges divers de ces chlorures. Toutes choses égales d'ailleurs, les œufs laissés à demeure depuis la ponte dans ces solutions montrent, lorsque Na prédomine sur Mg et K, une tendance marquée à l'autotomie végétative et à la lobulation corticale, tandis que la prédominance du Mg suscite au contraire l'activité nucléo-astérienne. Si l'on introduit dans le mélange du K en proportion convenable, les manifestations de l'activation sont plus tardives mais prennent l'allure plus parfaite de la segmentation. Il semble qu'en prolongeant les élaborations de la phase de repos apparent, le K rétablisse l'harmonie entre les effets respectifs du Na et du Mg sur la plasmodiérèse et la caryocinèse. Ce rôle frénateur et régulateur du potassium sur la division cellulaire pourrait avoir une portée biologique considérable.

En tous cas, il apparaît ici que la segmentation de l'œuf vierge d'*Asterias glacialis* est la résultante des effets spécifiques des divers cations. Ceux-ci n'agissent pas seulement suivant leur valence, mais encore et surtout selon leurs affinités chimiques à l'égard des électrolytes colloïdaux qui constituent l'œuf et de leurs complexes. Dans les conditions où elle se présente dans ces expériences, l'activation ne peut s'expliquer par une augmentation de la perméabilité, comme le voudrait la théorie de R.-S. Lillie, car les solutions riches en Ca diminuent plutôt la perméabilité de l'œuf vierge aux sels. Cette objection, jointe à celles déjà formulées par Herlant (¹) et par Courrier (²), confirme l'idée que l'augmentation de perméabilité est la conséquence et non la cause de l'activation. Se croyant obligé d'éliminer une interprétation chimique en raison de la nécessité du retour au milieu normal, Herlant avait été amené à invoquer un «ébranlement» du système colloïdal formé par le protoplasme. Les faits que je résume ici permettent de revenir à la théorie chimique en la basant sur l'action spécifique des cations. Mais il faut bien noter qu'aucun de ces éléments ne peut agir à lui seul. Suivant une loi qui tend à se généraliser de plus en plus, l'effet physiologique dépend de la proportion des cations présents dans le milieu. Il resterait à examiner si les méthodes de Lœb et de Delage pourraient s'interpréter dans cet esprit.

(¹) *Archives de Biologie*, t. 30, 1920, p. 517.
(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 197.

Diverses indications, qui seront exposées dans un Mémoire *in extenso* (1), incitent à croire que l'activation de l'œuf d'*Asterias glacialis* par l'eau de mer saturée de CO^2 (Delage) procède également d'une modification de l'équilibre des cations intraovulaires. Quant aux autres techniques, on peut supposer que l'œuf subit tout d'abord au contact des réactifs chimiques qu'on lui impose, une altération capable de déterminer, après le retour à l'eau de mer, un appel électif de certains ions. C'est donc en réalité dans le milieu normal que s'accomplirait ce qu'il y a d'essentiel dans l'activation.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La réduction chez une Némerte* (Lineus lacteus *Gr.*). Note (2) de M. C. **Dawydoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note précédente (3), j'ai présenté les résultats de la réduction des fragments céphaliques d'une Némerte (*Lineus lacteus*) transformés en Némertes complètes et ayant subi un jeûne de 12-18 mois. J'avais tenté de prolonger ces expériences le plus longtemps possible afin de connaître si la réduction peut se continuer progressivement et, dans ce cas, jusqu'à quel point le processus peut arriver. J'ai rencontré, dans mes recherches, des difficultés extraordinaires et qui croissent en raison de la durée de l'expérience.

Pour obtenir des résultats positifs, il est indispensable de soumettre les Némertes réduites au régime le plus dur sous le rapport des conditions extérieures. Il faut les maintenir constamment dans l'eau non aérée. Driesch l'a constaté pour les Clavelines et je peux le confirmer pour les Némertes. Il faut laisser toujours les animaux expérimentés absolument tranquilles dans l'obscurité complète et ne les examiner que dans les cas vraiment nécessaires. Une des conditions les plus importantes est de ne pas changer l'eau de la cuvette et de lui conserver sa densité en y versant de l'eau douce filtrée. Si l'on a la chance de conserver, dans ces conditions, les Némertes vivantes, on constate que le processus de la réduction a progressé.

Il est à remarquer que déjà, à partir d'un an, les résultats de l'expérience deviennent de plus en plus aléatoires, la mortalité devenant considérable. Ainsi, sur un nombre de 4600 individus de *Lineus*, soumis à la réduction, j'ai réussi à atteindre avec 144 exemplaires le stade de 12 mois et 5 seulement ont dépassé le stade de 20 mois.

(1) Ce Mémoire paraîtra dans un autre Recueil.
(2) Séance du 1er décembre 1924.
(3) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1222.

J'ai réussi à pousser trois individus au stade de 24 mois et deux au stade de 27 mois.

Dans le premier cas (24 mois), les Némertes réduites se présentent sous la forme de corps ovoïdes, dont les dimensions ne dépassent pas celles d'un Infusoire (*Paramœcium*). On les voit à peu près immobiles dans les kystes où les *Lineus* sont presque toujours inclus, déjà à partir des premiers mois d'inanition. Sur des coupes, nous trouvons d'abord une enveloppe extérieure — reste d'ectoderme — qui conserve encore parfois des traces de cils vibratiles. Ce sac ectodermique est rempli de grosses cellules sphériques, de différentes grandeurs et d'aspect embryonnaire. Parmi ces éléments actifs (ils se nourrissent par phagocytose aux dépens des éléments des tissus détruits), on peut distinguer facilement les restes des derniers organes qui n'ont pas encore complètement disparu. Ce sont le cerveau et le tube digestif. Le premier est en état de dégénérescence complète, il n'en reste que des débris de masse ganglionnaire et des traces de substance ponctuée. Il est évident que les éléments nerveux sont destinés à disparaître complètement, étant incapables de dédifférenciation. Ils ne prennent aucune part aux processus ultérieurs et n'entrent pas en ligne de compte dans la conservation de l'individualité de l'organisme réduit. Il n'en va pas de même pour le tube digestif. Chez les trois individus étudiés, ce dernier se présente sous forme d'une petite vésicule close, dont les cellules (peu nombreuses) manifestent une tendance évidente à se transformer en éléments isolés d'aspect mésenchymateux. Ainsi, cette vésicule n'a déjà plus de parois épithéliales, mais sa cavité se trouve assez mal limitée par de grosses cellules de configuration irrégulière et munies de prolongements protoplasmiques allongés et irrégulièrement ramifiés. Il ne reste aucun doute que les éléments en question sont en voie de se transformer en ces grosses cellules d'aspect embryonnaire dont nous avons parlé plus haut. Il est évident que ces dernières sont tout ce qui reste de l'organisation très compliquée de la Némerte. Il s'agit donc d'un processus de dédifférenciation graduelle qui tend, évidemment, à effacer toutes les traces de différenciation histologique en forçant l'organisme à se rendre, pas à pas, vers son état embryonnaire primitif.

Le stade de 27 mois est encore plus remarquable. Malheureusement je ne l'ai observé que sur deux individus dont l'un était en très mauvais état, ce qui m'a privé de la possibilité de l'étudier par les méthodes précises. Etudiée sur coupes, l'autre Némerte réduite se présente sous forme d'une pelote de très grosses cellules sphériques, enclose dans une membrane

homogène. Il s'agit ici, à mon avis, du kyste nucléé, dans lequel sont incluses presque toujours les Némertes en inanition. Ce qui saute aux yeux, ce sont les dimensions des cellules qui constituent la pelote en question. Ce sont des éléments vraiment géants par comparaison avec les cellules sphériques que nous avons trouvées au stade précédent. Leur nombre est très restreint. Elles sont absolument uniformes et manifestent un caractère véritablement embryonnaire.

Ce caractère purement embryonnaire et surtout les dimensions de ces cellules, constituant la pelote moruliforme — peu serrée d'ailleurs —, tout cela pourrait donner l'idée qu'ici nous nous trouvons peut-être en présence de cellules génitales. On pourrait admettre que ces dernières sont les seules qui restent intactes au cours de la réduction, qu'elles ont phagocyté tous les éléments somatiques et se soient trouvées capables de conserver, jusqu'à ce moment critique, leur individualité et leur structure.

Je rejette catégoriquement cette hypothèse. En effet, les Némertes, auxquelles je fais subir la réduction, sont, dès l'abord, dépourvues de toutes traces d'éléments génitaux.

Je pars de fragments céphaliques de *Lineus lacteus*, obtenus par une section dans la région du cerveau — 3^{mm} à 4^{mm} en avant de la bouche — c'est-à-dire complètement indemnes de tissu génital, même sous forme latente. Depuis que j'expérimente, je n'ai jamais observé l'apparition d'éléments génitaux dans de pareils fragments appelés à se régénérer.

J'attire l'attention sur un fait d'une importance capitale. Nous trouvons, dans certaines grosses cellules de la pelote en question, deux et même trois noyaux. Cela prouve, à mon avis, leur formation par fusion des éléments sphériques que nous avons observés au stade précédent.

Il est clair que des expériences plus nombreuses et plus complètes sont nécessaires pour analyser de plus près le problème, mais les résultats obtenus sont suffisants, semble-t-il, pour nous encourager à espérer qu'un jour nous pourrons obtenir la réduction de cet organisme complexe à une cellule unique, c'est-à-dire au stade œuf.

A 16^h, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 20 octobre 1924.)

Note de M. *J. Guillaume*, Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de 1924 :

Page 753, ligne 13, *au lieu de* diminué davantage au nord qu'au sud, *lire* diminué au nord et augmenté au sud; ligne 14, *au lieu de* $+13^{\circ},3$, *lire* $+23^{\circ},0$.

(Séance du 24 novembre 1924.)

Note de M. *Jules Andrade*, Un curieux théorème de Métrologie et ses applications à la Chronométrie :

Page 1120, ligne 19, *au lieu de* R^2P^2, *lire* RP au dénominateur.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la construction des électro-aimants.* Note de M. P. VILLARD.

Dans tout électro-aimant, le rôle du fer peut être considéré comme terminé quand l'aimantation des pièces polaires approche de la saturation à 2 ou 3 pour 100 près. La part qui revient au fer dans la production du champ devient alors très sensiblement constante [1], et ce dernier ne peut plus augmenter que par l'appoint dû au champ propre des bobines.

On peut se demander si, dans la pratique, cette limite du rôle du fer est réellement atteinte.

J'ai effectué, à ce sujet, diverses mesures sur un électro-aimant construit sur mes indications, en 1910-1911, par M. Beaudouin, qui en a fabriqué, depuis, plusieurs exemplaires.

Cet appareil est du type Ruhmkorff renforcé (*fig.* 1); les noyaux, relativement courts, ont 10^{cm} de diamètre sur 12^{cm} de longueur; ils ont été fixés à chaud sur des colonnes massives dont la base, très large, glisse sur un socle de forte section. Des boulons, dont les têtes se déplacent dans une rainure du socle, immobilisent à volonté les colonnes.

Cette disposition se prête à des expériences très variées, le démontage de l'instrument est facile, et sa construction ne comporte que peu d'usinage.

Les pièces polaires sont des cônes de 120°, coupés à 2^{mm} de leur sommet; leurs

---

[1] Les récentes expériences de MM. Fortrat et Dejean (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 627) montrent, par exemple, que pour éleverde 1700 à 1710 seulement l'intensité d'aimantation du fer, soit un accroissement de 0,6 pour 100, il faut que la valeur du champ passe de 1140 gauss à 23500.

bases se prolongent par de très courts troncs de cône d'angle faible, dont il a été avantageux de réduire la longueur au minimum assurant aux pièces une rigidité suffisante.

Les enroulements, en fil carré de 2^{mm} de côté, occupent toute la longueur des noyaux; leur résistance totale est de $8^{\omega},3$ à froid.

Dans un entrefer de 3^{mm}, entre surfaces frontales de 8^{mm} de diamètre, cet électro-aimant donne 30000 gauss avec 350 watts; avec $5^{kw},5$ on arrive à 36500 gauss pour la position des bobines indiquée figure 1; en rapprochant celles-ci à 23^{mm} on atteint 38000.

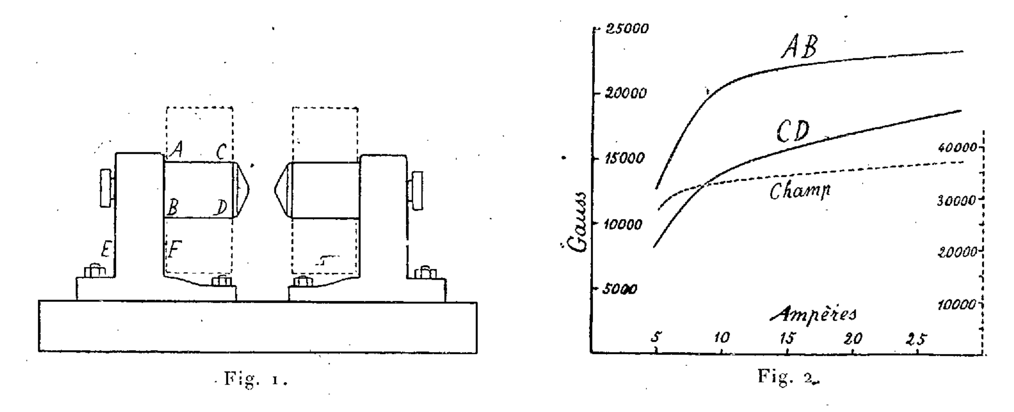


Fig. 1. Fig. 2.

Au moyen d'un fluxmètre, j'ai mesuré, pour diverses valeurs du courant, l'induction aux extrémités AB et CD de l'un des noyaux, à l'entrée par conséquent et à la sortie de la bobine correspondante, et, de même, en EF, dans l'un des montants de la culasse. L'entrefer était de 3^{mm}.

Les courbes représentées figure 2 indiquent, pour chacune des sections AB et CD, la loi de variation de l'induction en fonction du courant.

Le tableau suivant donne quelques-unes des valeurs qu'on peut lire sur ces caractéristiques :

Ampères.	Induction en AB.	Induction en CD.	Différences.
5	12900	8500	4400
6	15200	10000	5200
10	20450	13800	6650
15	22000	15700	6300
20	22650	17000	5650
25	23100	18100	5000

Des mesures toutes semblables, effectuées sur un très bon électro-aimant d'un autre modèle, construit avec du fer remarquablement doux, ont donné des résultats sensiblement identiques aux précédents.

Les différences d'induction que mettent en évidence les courbes de la figure 2 ainsi que le tableau, peuvent être déterminées par un procédé direct : deux spires identiques sont placées l'une en AB, l'autre en CD (*fig.* 1), autour de l'un des noyaux, et connectées en opposition, un fluxmètre étant intercalé dans le circuit ainsi formé. On fait alors varier le courant, avec une vitesse convenable, de zéro à sa valeur maxima, tout en suivant l'aiguille du fluxmètre, dont la déviation donne, à tout instant, la différence cherchée. On constate que celle-ci, d'abord rapidement croissante avec le courant, passe, à 11 ampères, par un maximum de 6700 gauss et ne diminue ensuite que lentement, conservant encore, à 25 ampères, une valeur de 5000 gauss. L'aimantation des pièces polaires demeure ainsi très inférieure à celle de la base des noyaux.

Ces fuites magnétiques, qui, même avec des bobines couvrant entièrement les noyaux, arrivent à dépasser 30 pour 100 du flux entrant par AB, limitent prématurément le champ pratiquement réalisable dans l'entrefer.

Il est manifeste qu'à partir de 10 ampères, le circuit magnétique devient défectueux : l'induction à l'arrière des noyaux atteint alors 20450 gauss; elle est sans doute plus élevée encore sur une certaine longueur à l'intérieur des bobines, et la perméabilité du fer s'abaisse à 60 environ, pour descendre au-dessous de 12 vers 25 ampères. La réluctance de cette partie des noyaux augmente beaucoup, et la caractéristique du champ s'infléchit : à 10 ampères en effet, bien qu'à la base des pièces polaires l'induction ne soit que de 13800 gauss, on aborde la seconde branche, si désavantageuse, de cette caractéristique, et, de 10 à 25 ampères, le champ n'augmente que de 10 pour 100 de sa valeur.

Même à 25 ampères, soit 80000 ampères-tours environ, et pour une puissance de $5^{kw},3$, l'induction, à l'entrée des pièces polaires, n'est que de 18100 gauss; le champ de 36500 gauss qu'on obtient dans ces conditions, c'est-à-dire avec un entrefer de 3^{mm} et pour la position normale des bobines, ne représente donc pas la limite qu'imposerait la saturation.

Si l'on voulait obtenir, à l'avant des noyaux, l'induction de 23000 gauss qu'on réalise à l'arrière avec 25 ampères, on peut estimer, par l'allure des caractéristiques de la figure 2, qu'il faudrait élever le courant à 52 ou 53 ampères, correspondant à une puissance de 23 kilowatts.

On voit qu'aux fortes inductions, seules intéressantes, il se produit, à l'arrière des bobines, une véritable coupure du circuit magnétique, séparant en quelque sorte les noyaux de la culasse, dont le rôle perd ainsi beaucoup de son efficacité. Aussi a-t-on souvent observé que, contrairement à ce qui devrait être, il n'est pas très utile de donner une forte section à cette partie du circuit magnétique. Si même on la supprime, il suffit, aux inductions élevées, d'augmenter de 50 pour 100 le courant magnétisant pour retrouver, à l'entrée des pièces polaires, le même flux qu'auparavant. Rappelons,

à ce sujet, qu'avec deux longs électro-aimants droits, à noyaux de 10^{cm}, placés en regard, M. Ollivier [1] a obtenu 30650 gauss dans un entrefer de $2^{mm},85$, entre surfaces frontales de $17^{mm},5$ de diamètre, en ne dépensant que 3400 watts.

Cet entrefer virtuel qui se forme à la base des noyaux se manifeste nettement par les dérivations qu'il provoque : au dessus de 5 ampères, et surtout vers 20 et 25 ampères, une partie du flux des régions polaires rejoint directement la culasse au travers de l'air et des bobines, et l'on constate qu'en EF par exemple (*fig.* 1) le flux est supérieur à celui qui traverse la base AB du noyau, l'écart s'élevant à 8 pour 100 pour 25 ampères.

Il y aurait évidemment tout intérêt à réaliser une distribution des inductions inverse de celle décrite plus haut, et à donner aux pièces polaires une aimantation non plus inférieure, mais supérieure, au contraire, à celle qui existe en arrière.

Il faut pour cela renoncer aux noyaux cylindriques, demeurés classiques depuis l'invention de l'électro-aimant, et reprendre, à un nouveau point de vue, l'idée de M. Weiss [2], qui recommandait de donner au circuit magnétique une section décroissante depuis les régions les plus éloignées de l'entrefer, de manière à maintenir la saturation jusqu'aux pôles malgré les fuites.

Mais il convient d'aller plus loin, et de ne pas consommer un grand nombre d'ampères-tours pour saturer, à peu près inutilement, plusieurs décimètres de fer. Il est préférable de faire varier la section des noyaux suivant une loi telle que l'induction soit décroissante à partir de la base des pièces polaires qui, seules, seraient au maximum d'aimantation dans toute leur étendue. Ce mode de construction se rapproche un peu de celui que conseille M. Ollivier [3] (saturation des seules surfaces frontales).

On est ainsi conduit à la disposition représentée sommairement figure 3.

Les noyaux sont des troncs de cône relativement courts, portés par des colonnes reposant sur un socle, et de section plus grande à la base qu'au sommet, où le flux est moindre. Un assemblage à chaud, ou à la presse, assurerait un bon joint magnétique.

Le déplacement des colonnes s'effectuerait, individuellement à cause de leur poids, au moyen de deux vis logées dans le socle, avec graissage, sous pression, des surfaces glissantes.

Les enroulements devraient couvrir non seulement les troncs de cône,

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. **21**, 1910, p. 289.

(2) *Journal de Physique*, 4e série, t. **6**, 1907, p. 353.

(3) Ollivier, *Cours de Physique générale* (Hermann, Paris), t. **1**, 1921, p. 343.

mais aussi une notable partie des pièces polaires, afin de concentrer les ampères-tours vers l'entrefer [1].

Il y aurait lieu d'utiliser largement le ferro-cobalt, dont M. Weiss [2] a découvert les remarquables propriétés, et aussi d'employer les enroulements à circulation d'eau du même auteur.

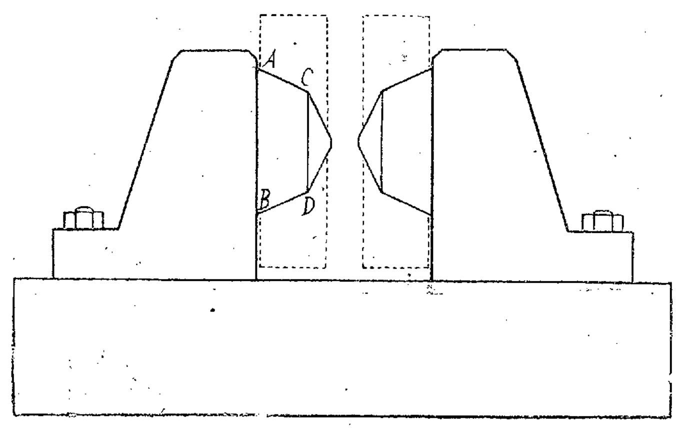


Fig. 3.

Ce mode de construction convient surtout aux électro-aimants de grandes dimensions, pour lesquels il est, en particulier, facile de placer du cuivre sur les cônes polaires.

On serait dans de bonnes conditions en donnant aux pièces polaires un diamètre de 22^{cm} suivant CD.

Le diamètre AB de la base des noyaux est aisé à évaluer avec une approximation suffisante : les fuites, dans le modèle de la figure 1, peuvent atteindre 30 pour 100 du flux traversant AB. Comme elles se produisent par la surface, leur valeur relative sera moindre avec une section plus forte; elle augmentera par contre en raison de l'aimantation plus élevée des pôles; il est prudent de conserver le chiffre de 30 pour 100.

Le flux en AB sera, en conséquence, égal à 1,43 fois le flux traversant CD; si l'on veut, en même temps, que l'induction en AB ne s'élève qu'à 16000 gauss quand on arrive à 23000 en CD, soit un rapport de 1,44, il faut que la section de AB soit celle de CD multipliée par le produit, $1,43 \times 1,44$, des deux rapports précédents, ce qui donne $31^{cm},6$ pour le diamètre cherché. C'est, à peu près, ce que représente la figure 3.

Le socle, et la partie inférieure des colonnes, dont le rôle ici ne sera pas diminué, devront avoir une section plus grande encore, afin de conserver au fer une perméabilité

(1) Cf. Weiss, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1970.

très élevée, tout en réservant la possibilité de porter à 18000 ou 20000 gauss l'induction à la base des noyaux. On peut admettre 1200^{cm^2}.

Il est difficile d'évaluer le gain que procurerait l'adoption de ce modèle d'électro-aimant ; toutefois, ce gain n'est pas douteux, et, d'autre part, les données qu'on pourrait recueillir sur un tel appareil seraient d'une grande utilité pour le perfectionnement de la technique des champs magnétiques.

GÉOLOGIE. — *La classification du Paléolithique ancien aux points de vue historique et géologique.* Note [1] de M. **Ch. Depéret.**

La division du Paléolithique ancien en *Chelléen, Acheuléen* et *Moustérien*, proposée, en 1883, par G. de Mortillet, a été généralement adoptée, malgré une confusion d'ordre historique, sur laquelle je désire appeler l'attention. De plus, il faut remarquer que ces trois termes s'appliquent à des *types d'industries lithiques* successifs, mais non pas à des étages géologiques stratigraphiquement bien définis.

Dans deux Notes, communes avec M. Chaput [2], nous avons déjà tenté une corrélation géologique entre ces industries et les niveaux stratigraphiques d'où elles proviennent, dans les terrasses fluviales quaternaires. Grâce à l'obligeance de M. A. Vayson, possesseur de la magnifique série d'outils paléolithiques recueillis par Commont dans la vallée de la Somme et admirablement classée par cet éminent observateur j'ai pu étudier de près, en compagnie du Dr Lucien Mayet, la succession des types industriels caractéristiques de chaque niveau de *graviers* et de *limons* de la région d'Amiens, et me faire une idée encore plus approfondie des relations de ces industries avec les diverses étapes du creusement de la vallée de la Somme aux temps quaternaires.

1° *Point de vue historique.* — En 1872 [3], G. de Mortillet divisait le Paléolithique ancien en deux termes : *Acheuléen* et *Moustérien*. Le premier de ces noms était tiré des *graviers de la terrasse de Saint-Acheul* (et aussi de

---

(1) Séance du 1er décembre 1924.

(2) Ch. Depéret et E. Chaput, *Sur les faunes et les industries humaines du nord de la France* (*C. R. S. de la Société géologique de France*, n° 9, 19 décembre 1921, p. 125). — *Nouvelles observations sur la corrélation des terrasses fluviales et des industries paléolithiques* (*Ibid.*, n° 7, 7 avril 1924, p. 65).

(3) De Mortillet, *Congrès national d'Anthropologie de Bruxelles*, p. 434, pl. XVII-XVIII.

ceux d'Abbeville) qui constituent une terrasse élevée d'une trentaine de mètres au-dessus de la Somme actuelle.

En 1883, G. de Mortillet, dans la 1re édition de son livre *Le Préhistorique*, page 162, proposait de *remplacer* le terme *Acheuléen* par celui de *Chelléen* (de Chelles, vallée de la Marne), station dont l'outillage lui paraissait, très à tort d'ailleurs, plus *pur* que celui de Saint-Acheul. Il est vrai que dans le même ouvrage (p. 254) et par une contradiction manifeste, il *transférait* le nom d'Acheuléen à une industrie de passage entre le Chelléen et le Moustérien, industrie qui se rencontre *non dans les graviers de Saint-Acheul*, mais seulement dans les *limons anciens* superposés à ces graviers.

On serait donc en droit, suivant les règles formelles de la priorité, de revenir au mot « Acheuléen » pour désigner la plus ancienne industrie quaternaire actuellement connue. Mais cette réforme logique n'aurait aucune chance d'être adoptée par les préhistoriens, qui ont, depuis 40 ans, pris l'habitude d'employer l'Acheuléen dans la seconde acception de De Mortillet.

2° *Point de vue stratigraphique.* — La confusion ainsi créée par la double acception donnée à l'Acheuléen est d'autant plus fâcheuse que, géologiquement parlant, *les graviers de Saint-Acheul sont plus anciens que les graviers de Chelles*. Dans les Notes précitées, j'ai montré avec M. Chaput, que les premiers appartiennent aux dépôts fluviatiles de la terrasse de 30m (terrasse rissienne ou tyrrhénienne) tandis que les graviers de Chelles, ou ceux de Montières près Amiens, sont des graviers de bas-niveau, formés dans le fond de la vallée à la fin de la période de creusement qui a suivi la terrasse de 30m et immédiatement précédé le dépôt de la basse terrasse de 18m (terrasse würmienne ou monastirienne). La preuve stratigraphique est ici tout à fait formelle.

Mais l'âge plus récent des graviers de Chelles par rapport à ceux de Saint-Acheul est en outre confirmé par l'étude comparative que j'ai pu faire des deux industries dans la collection Commont (Vayson). L'industrie des graviers de Saint-Acheul est, dans son ensemble, *très archaïque*, contenant un certain nombre d'outils amygdaloïdes (« coups de poing » de De Mortillet) à peine ébauchés par grands éclats, auxquels Commont avait appliqué, non sans raison, le nom d'outils *préchelléens* (¹).

Ils sont accompagnés d'amygdaloïdes frustes, à pointe étroite et allongée

(¹) Commont, *Les industries de l'ancien Saint-Acheul* (*L'Anthropologie*, t. 8, 1908, p. 527, fig. 8-14).

— « ficrons » — et de quelques « limandes » ovoïdes, épaisses et grossièrement taillées [1].

On y trouve aussi en abondance des éclats plus ou moins retouchés, bien figurés par Commont [2] et M. Vayson [3], affectant la forme de racloirs, de perçoirs, de pointes... de *type moustérien*. C'est ce dernier outillage qui avait fait regarder, à tort, la station de Saint-Acheul comme une station de mélange, par G. de Mortillet.

L'outillage des graviers de Chelles, dont j'ai vu, chez M. Vayson, une belle série et qui est répandu dans tous les musées, est, dans l'ensemble, *plus affiné* que celui de Saint-Acheul : les amygdaloïdes (ou « coups de poing ») affectent souvent des formes ovalaires, à faces travaillées avec soin ; les limandes sont plus minces, plus finement dégagées; enfin on y voit une série d'éclats retouchés du plus beau type moustérien, déjà cités à Saint-Acheul. La différence industrielle des deux niveaux n'est pas fondamentale, mais néanmoins très réelle.

Dans la basse terrasse de 18^{m}, de Moutieres-lès-Amiens, Commont avait découvert à la base des graviers inférieurs un niveau d'amygdaloïdes d'allure nettement chelléenne [4], puis, un peu plus haut, un outillage assez particulier, où abondent de grands amydaloïdes allongés, à talon souvent réservé, très pointus, aplatis dans le voisinage du sommet, avec une face souvent presque plane [5].

Ces outils y sont accompagnés d'éclats et de lames retouchées d'aspect moustérien. Commont donne à ce niveau le nom de *Chelléen évolué*. On pourrait y voir tout aussi bien une industrie de passage à l'Acheuléen.

Quant à l'outillage acheuléen — dans le sens actuel de ce nom — formé d'outils amygdaloïdes aplatis et de limandes très minces, très finement façonnées, on le rencontre surtout dans les limons anciens de Saint-Acheul (« atelier paléolithique » de Commont); mais sa véritable place stratigraphique est vers le milieu de la basse terrasse de 18^{m}-20^{m}, notamment au sommet des graviers blancs de Chelles et dans la basse terrasse de Mautort et de Thennes, comme l'a bien indiqué Commont.

---

(1) *Loc. cit.*, fig. 28-33.

(2) *Ibid.*, fig. 34-56.

(3) VAYSON, *La plus ancienne industrie de Saint-Acheul* (*L'Anthropologie*, t. 20, 1920, p. 441, pl. X et XI).

(4) COMMONT, *Évolution de l'industrie chelléenne dans les alluvions fluviatiles de la vallée de la Somme*, 1910, fig. 5-7.

(5) *Ibid.*, fig. 2-4.

Les faunes de Mammifères marquent également une différence d'âge entre le niveau de Saint-Acheul et celui de Chelles. L'un et l'autre sont caractérisés par une *faune chaude* avec quelques éléments communs : l'*Elephas antiquus*, le *Rhinoceros Mercki*, l'Hippopotame. Il faut remarquer que les molaires d'*E. antiquus* de Chelles sont de très grandes dimensions, indiquant une mutation géante, par conséquent récente, du rameau en voie d'extinction. En outre, la belle faune décrite par Commont ([1]) dans la terrasse de 30^{m} d'Abbeville (carrière Carpentier) contient quelques espèces à affinités plus anciennes, telles qu'un *Rhinoceros* voisin de l'*etruscus*, un Cheval se rapprochant de l'*Equus Stenonis*, un Cerf voisin du *Cervus solhilacus*, le *Machairodus latidens*. Ces formes anciennes n'ont pas été trouvées jusqu'ici dans les graviers de Chelles ni de Montières et accusent une certaine différence d'âge entre les formations renfermant l'une et l'autre faune.

Conclusions. — La conclusion principale qui se dégage de l'exposé qui précède est la nécessité de détacher du *Chelléen* un étage paléolithique plus ancien que les graviers de Chelles, étage à industrie et à faune plus archaïques, dont le type doit être pris dans les graviers fluviatiles de la terrasse de 30^{m} de Saint-Acheul et d'Abbeville.

A défaut du nom d'*Acheuléen*, malheureusement détourné aujourd'hui de son sens primitif, il me paraît possible d'appliquer à cet étage le nom de *Préchelléen*, employé par Commont pour désigner les outils les plus grossiers de Saint-Acheul, et d'une manière encore plus géologique, tout l'outillage très archaïque de la terrasse d'Abbeville ([2]).

On peut, sans inconvénient, étendre le nom de *Préchelléen* à l'ensemble des graviers de la terrasse de 30^{m} non seulement de la vallée de la Somme, mais encore d'autres grandes vallées fluviales de France et de l'étranger.

([1]) Commont, *Les gisements paléolithiques d'Abbeville* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 29, 1910, p. 249).

([2]) Commont, *Les gisements paléolithiques d'Abbeville*, tableau final (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. 29, 1910, p. 292).

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Nouvelles découvertes dans le gisement préhistorique de Solutré (Saône-et-Loire).* Note (¹) de MM. **Ch. Depéret**, **Fabien Arcelin** et **Lucien Mayet**.

Dans une Note antérieure (²) nous avons indiqué les résultats des recherches poursuivies en 1923 dans le gisement préhistorique de Solutré par notre Association régionale de paléontologie humaine. Ces résultats peuvent être résumés ainsi :

1° Découverte de trois squelettes complets — une femme, deux hommes — d'âge aurignacien, trouvés à une petite profondeur au-dessous de la couche intacte à ossements de chevaux, dite *magma de cheval*, dont l'âge aurignacien supérieur est bien établi par l'outillage lithique qu'elle renferme.

2° Intention de sépulture démontrée par l'alignement rigoureusement Est-Ouest des squelettes, la tête regardant le soleil levant; par la présence de deux dalles un peu au-dessus et en arrière de la tête de chaque corps; enfin, par le fait qu'un de ceux-ci avait été brûlé en partie, dans un foyer contenant des silex aurignaciens.

3° Apport de documents d'une incontestable valeur pour la connaissance des Hommes de l'époque aurignacienne, nos trois squelettes étant à rapporter au groupe des Cro-Magnons, mais témoignant de notables variations dans ce type humain quaternaire.

Nous avons, cette année, repris les fouilles en août-septembre derniers. Elles ont permis de réaliser des découvertes aussi intéressantes que celles de 1923.

En continuant vers l'Ouest la tranchée de nos trois premiers squelettes, nous avons retrouvé le magma de cheval, épais, compact et intact. Immédiatement au-dessous, apparut un quatrième squelette, squelette d'homme dont l'âge aurignacien était affirmé non seulement par sa situation stratigraphique, mais aussi par l'outillage de pierre taillée identique à celui qui accompagnait les squelettes masculins n° 2 et n° 3 : burins sur angle de lame tronquée, burins à deux pans, lames et pointes à dos rabattu, pointe pseudo-moustérienne, grattoir épais portant à l'autre extrémité un burin à deux pans, etc. Trois dalles calcaires dressées étaient au niveau de la tête. Les

(¹) Séance du 8 décembre 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 618.

jambes avaient été tronçonnées et détruites par une fouille étroite de l'abbé Ducrost, en 1873, que notre tranchée a recoupée.

Les quatre premiers squelettes aurignaciens étaient sensiblement équidistants, séparés par un intervalle de $1^m,50$ à 2^m. Ce même intervalle franchi après le squelette n° 4 permit d'aborder l'extrémité inférieure d'un cinquième squelette. C'était celui d'une jeune femme, gisant non plus au-dessous de la couche à ossements de chevaux, mais dans l'épaisseur même de cette couche, sans trace de remaniement. Il était évident que le corps avait été inhumé pendant la période de formation du magma de cheval, lequel n'est autre chose qu'un amas de débris de cuisine des Aurignaciens chasseurs et mangeurs de chevaux. Aucune dalle ne marquait l'emplacement de cette sépulture n° 5.

L'intention de sépulture de nos deux nouveaux squelettes se trouve attestée par les constatations suivantes : 1°. Ces deux squelettes continuaient d'une manière rigoureuse l'alignement Est-Ouest de ceux découverts en 1923, avec la face regardant également à l'Est.

2° Le sujet féminin découvert en 1924 n'avait aucune dalle de pierre au niveau de la tête. Par contre, le sujet masculin n° 4 avait deux dalles placées de champ sur les côtés de la tête et, en outre, une troisième dalle perpendiculaire aux deux autres en arrière du crâne. Il y avait donc dans le rite funéraire aurignacien de légères variations dont la signification nous échappe. Les résultats de 1924 viennent donc confirmer et étendre ceux de 1923 sur ce point important des sépultures de l'époque aurignacienne.

L'étude anthropologique détaillée des squelettes précédents sera publiée ultérieurement par l'un de nous. Du moins, pouvons-nous indiquer, dès maintenant, qu'ils se présentent avec les caractéristiques suivantes :

N° 4. Homme d'une quarantaine d'années, ayant une taille d'environ $1^m,67$-$1^m,70$, dolichocéphale tendant à la brachycéphalie, mais moins que les hommes n° 2 et n° 3 (indice céphalique : 77,89), à crâne relativement élevé (hauteur auriculo-bregmatique : 123^{mm}) à face large, basse, aux pommettes proéminentes avec orbites quadrangulaires, basses (30^{mm}) élargies transversalement (43^{mm} et 41^{mm}) donnant un indice orbitaire de 69,7 à gauche où l'orbite est intacte.

N° 5. Femme d'une trentaine d'années. Même taille que le squelette féminin n° 1 : $1^m,53$ à $1^m,55$ environ. Indice céphalique traduisant une tendance nette vers la brachycéphalie : 83,24. Face très large et très basse (hauteur nasio-alvéolaire : 66^{mm}). Orbites de forme ovalaire-oblique, mésosèmes (indice : 86,5). Nez large. Mandibule remarquablement haute et robuste.

Il y a une frappante ressemblance entre ce squelette féminin qui terminait la série aurignacienne et le squelette féminin qui la commençait.

Dans nombre de groupes ethniques, les femmes sont de petite taille et les hommes de grande taille : pareil fait n'est donc pas pour nous surprendre ici. Nous n'abandonnons pas cependant l'hypothèse de femmes provenant d'un groupe ethnique différent, plus ou moins éloigné morphologiquement des Cro-Magnons.

Nos fouilles de 1924 nous ont encore donné des résultats tout à fait intéressants sur les époques post-paléolithiques. Contrairement à nos espérances, nous n'avons rencontré au-dessus de la couche à ossements de chevaux, aucune trace d'habitat solutréen ou magdalénien. En fait, les Solutréens ont campé surtout en dehors de l'emplacement du Crot-du-Charnier et sur une très petite étendue seulement de celui-ci. Les Magdaléniens ne stationnèrent un certain temps que sur quelques centaines de mètres carrés, tandis que l'habitat des Aurignaciens dépassait un hectare. Plus tard, vers la partie nord-ouest du Crot, les Néolithiques, les Gallo-Romains, les Barbares, s'installèrent à leur tour. Ces divers niveaux sont régulièrement superposés sans mélange ni déplacement quelconque des couches de l'éboulis.

C'est ainsi que dans une couche d'éboulis de couleur ferrugineuse de $0^m,70$ d'épaisseur, immédiatement superposée à la couche à ossements de chevaux, nous avons dégagé un squelette masculin d'un type très différent de celui des Aurignaciens : dolichocéphale de type Nordique, d'âge vraisemblablement néolithique. Des fragments de poterie grossière en contact avec les ossements indiquent bien qu'il ne s'agissait pas là d'un homme paléolithique. Ce malheureux était atteint d'une maladie exceptionnelle aujourd'hui : un rhumatisme vertébral cervical chronique qui avait soudé les vertèbres du cou par une série de travées osseuses.

Plus haut encore dans notre tranchée, au-dessus de l'éboulis ferrugineux, se trouvait une couche d'éboulis meuble, noirâtre, parsemé de tessons de poteries de facture variée, épaisse de près de 1^m en moyenne. Là, nous avons recueilli divers squelettes, peu ou pas fossilisés ; l'un d'eux, d'une adolescente, était formellement daté par une boucle d'oreille à chaton polyédrique (époque carolingienne ou précarolingienne) sur laquelle notre excellent confrère, M. Léon Coutil, a bien voulu nous donner tous les renseignements nécessaires.

Enfin, tout à fait en haut du Crot-du-Charnier, au sommet d'un monticule qui dominait de 12^m le fond de notre tranchée, le professeur George Grant MacCurdy, de New-Haven (États-Unis), et ses

élèves de l'École américaine de recherches préhistoriques, cordialement invités par nous, ont mis au jour plusieurs sépultures en série disposées parallèlement, d'un âge assez récent, se plaçant entre le IVe et le VIIIe siècle de notre ère, plus probablement à l'époque barbare. Deux tombes avec parois en dalles brutes —, rappelant les sépultures à cistes par ce coffrage de pierres plates posées de champ —, dégagées à proximité des précédentes, une fibule et un anneau de bronze de type relativement récent, viennent appuyer l'hypothèse de cet âge.

Il résulte de notre campagne de fouilles de cette année à Solutré la mise en évidence, avec une parfaite netteté, d'une superposition régulière, au Crot-du-Charnier, d'une série de niveaux renfermant des sépultures s'échelonnant de l'époque aurignacienne jusqu'à des temps historiques assez récents. L'un de nos résultats les plus importants a été de constater d'une manière définitive l'absence totale de remaniements et de mélanges invoqués trop longtemps pour discréditer la station préhistorique de Solutré et les recherches de nos prédécesseurs.

Tout au plus avons-nous observé, dans la région Sud-Ouest du Crot-du-Charnier, un affaissement d'ensemble du terrain manifesté par une disposition légèrement synclinale des couches d'éboulis dans le sens Est-Ouest, mais sans troubler la parfaite régularité de la succession des niveaux — laquelle reste évidente si l'on a soin de pratiquer les fouilles sur une grande largeur et avec la méthode rigoureuse qui s'impose dans les recherches stratigraphiques.

Nous voudrions, en terminant, dire quelques mots des Hommes de l'époque solutréenne que nous n'avons pas eu la bonne fortune de rencontrer jusqu'ici et que personne n'a pu décrire nulle part avec certitude.

Dans la nombreuse série de crânes — récents pour la plupart trouvés à Solutré et conservés au Muséum d'Histoire naturelle de Lyon — nous avons recherché ceux qui se rapprochaient morphologiquement du type quaternaire que nous avons mis en évidence. Nous avons pu mettre à part — avec l'aimable autorisation de M. Cl. Gaillard, directeur du Muséum —, les deux crânes figurés dans le Mémoire de l'abbé Ducrost et du Dr Lortet [1]. L'un de ces crânes appartenait au squelette masculin mis au jour par un nommé Bulland, qui exploitait comme engrais phosphaté les ossements de chevaux fossiles de Solutré, en 1869. L'abbé Ducrost qui surveillait son travail, dégagea le squelette, dans un foyer entouré d'un cercle de pierres volumineuses (qui n'étaient vraisemblablement que les supports d'une

(1) *Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, t. 1, 1872, pl. I.

hutte). Autour de lui, on avait recueilli de belles armatures foliacées solutréennes figurées également par Ducrost et Lortet.

Ce crâne, dont il manque une partie, a pu être restauré partiellement par l'un de nous. Il est d'un type très différent des Aurignaciens : indice céphalique = 74,4, faible hauteur (H. auriculo-bregmatique = 112^{mm}), orbites arrondies (indice orbitaire = 82,5; nez large et pas très allongé; face massive, basse, relativement large; mandibule moyennement haute, mais exceptionnellement épaisse et robuste, ne mesurant pas moins de 107^{mm} pour son diamètre bigoniaque et donnant un aspect très particulier à l'ensemble de la tête osseuse.

Il semble que l'âge solutréen de ce crâne soit acquis ou tout au moins très probable. Dans tous les cas, il diffère absolument des crânes aurignaciens. Nous espérons que nos fouilles des années à venir permettront de découvrir d'autres documents de même âge paléontologique, qui confirmeraient, par leurs caractères morphologiques, l'âge de celui que nous signalons aujourd'hui comme très vraisemblablement Solutréen.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le surcreusement fluvial. Exemple du Rio Uruguay.* Note de M. **Maurice Lugeon.**

Lors des premières études exécutées de 1909 à 1911, sur le haut Rhône français, pour déterminer l'implantation du barrage projeté à Génissiat, des sondages nous avaient permis de reconnaître une contre-pente rocheuse de $6^{m},91$ sur une distance d'environ 600^{m} mesurés sur l'axe du fleuve. Nous faisions remarquer l'analogie que présentait ce phénomène avec celui du surcreusement glaciaire, toute proportion gardée. L'eau, comme la glace, pouvait localement creuser son lit d'écoulement selon des surfaces inversement inclinées à la ligne de courant (1).

Dans notre Mémoire, publié en 1912, sur nos études géologiques concernant le fameux projet, nous prenions comme règle que lorsque la veine liquide se contracte en largeur, l'érosion est proportionnellement plus profonde et que la contraction dépend de l'inégalité de résistance aux mouvements tourbillonnaires d'une ou plusieurs couches (2).

(1) *Sur une inversion locale de pente du lit rocheux du Rhône, en aval de Bellegarde* (Ain) (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1796).

(2) *Étude géologique sur le projet de barrage du haut Rhône français à Génissiat* (*Mém. de la Société géologique de France*, 4e série, t. 2, 1912, 136 pages, 31 figures, 7 planches).

En 1918, quand furent exécutés les travaux de fondation du barrage du Fier (Haute-Savoie), une semblable contre-pente était admirablement visible entre les deux gigantesques batardeaux. Le phénomène a été photographié et décrit par M. W. Kilian (¹).

Il devenait évident que ce phénomène des « contre-pentes » devait être de règle générale pour tous les cours d'eau. Connu, il n'a cependant pas attiré l'attention qu'il mérite.

Appelé, dans le cours de l'hiver 1923-1924, à une étude du Rio Uruguay, j'ai pu examiner le fleuve sur une étendue d'environ 750^{km}, de sa confluence avec le Parana jusqu'à Santo Tomé. Avec l'aide de profils en long et en travers, levés, sur de très grandes étendues et avec un soin digne des plus grands éloges, par les ingénieurs hydrographes du Ministère des Travaux publics de la République Argentine, il est possible de montrer que les *contre-pentes rocheuses constituent un phénomène normal du profil longitudinal du fleuve.*

Le Rio Uruguay s'écoule au milieu d'un pays très adouci possédant une faible pente moyenne.

Entre Barra-Conception, à 880^{km} de son embouchure, la cote de ses eaux d'étiage est de $56^{m},023$ et celle des crues extraordinaires à $73^{m},824$, ce qui représente respectivement les pentes de $\frac{6,39}{00\,000}$ à $\frac{8,3}{100\,000}$.

Le profil en long peut être subdivisé en deux sections : le bas Uruguay, navigable jusqu'aux villes qui se font face de Salto et de Concordia, et le haut Uruguay, séparé de l'inférieur par les imposants et célèbres rapides de Salto-Grande qui, sur une longueur de $2^{km},5$, font chuter, aux basses eaux, le fleuve de la cote $9^{m},91$ à celle de $4^{m},84$.

Dans la partie amont du bas Rio Uruguay et dans tout le haut fleuve, le territoire qu'il traverse est constitué par des grès appartenant à la série de Gondwana, dans lesquels s'intercalent de vastes coulées de mélaphyres. Il y a donc une succession alternante de couches tendres et dures.

A presque chaque passage du fleuve sur une coulée de vieux basalte se présentent des écueils (Restingares) ou des hauts fonds, alors que dans la région des grès les profondeurs augmentent dans des proportions souvent impressionnantes.

Une série de ces ombilics ont été révélés par les sondages. Nous ne pouvons en citer que les principaux.

(¹) W. KILIAN, *Sur l'existence de « contre-pentes » dans le profil en long du Fier près de Seyssel* (Haute-Savoie) (*C. R. sommaires Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, t. **18**, 1918, p. 76).

Kilométrage du haut Uruguay.	Cote étiage.	Profondeur ombilic.	Cote absolue du fond de l'ombilic.
490	49	30	+19
459	47	22	+25
438 (Alvear)	41	24,5	+17,5
301,5 »	40,7	24	+16,7
171 (amont Casero)	33,4	11,7	+21,7
106 »	29,45	17,5	+11,95
37 (Herrera)	16,50	14,0	+ 2,50
24,5 (Salto Grande)	7	27,5	−20,5
11 (Salto Chico)	3,70	10,5	− 6,8
1 (Concordia)	0,80	19,7	−18,9
Kilométrage du bas Uruguay.			
313 (S/Hervidero)	0,20	15	−14,80

Parmi ces ombilics, les quatre derniers ne manquent pas d'être impressionnants puisqu'ils montrent *un fond rocheux au-dessous du niveau moyen de la mer* (zéro du marégraphe de Riachuelo de Buenos-Aires). L'ombilic de Salto Grande est entièrement dans le mélaphyre et il en est probablement de même pour ceux des kilométrages 1 et 2.

L'ombilic de Salto Grande a été étudié en grands détails. Des milliers de sondages ont été exécutés pour déterminer le plancher rocheux et c'est là un travail de patience et de précision qui fait le plus grand honneur aux ingénieurs argentins.

Nous nous sommes demandé si ces ombilics extraordinaires n'étaient pas les reliques d'anciens creux du bas de cataractes disparues. On pourrait le supposer pour Salto Grande, mais le rétrécissement de Rio au passage du creux montre bien qu'il s'agit de l'effet de la veine liquide contractée sur elle-même. Ailleurs, puisque les dépressions sont dans les parties tendres, l'hypothèse de la cataracte est inadmissible, d'autant que, s'il s'agissait de creux fossiles, pour ainsi dire, ils devraient être remplis par de l'alluvion. On ne peut également les expliquer par des mouvements du sol.

Ces ombilics sont au contraire en pleine activité de travail. Ils sont bien le résultat de l'érosion normale du lit rocheux fluvial et les formes qui en découlent présentent une analogie frappante avec celles dues au surcreusement glaciaire, toutes proportions gardées en grandeur, mais toutefois avec une ressemblance relative étonnante. Sur 1000^m de glace au-dessus du plancher moyen d'une vallée, le surcreusement glaciaire peut dépasser 300^m.

Ici, sous une couche d'eau qui, en crue, peut avoir des épaisseurs de 5^m à 13^m sur le niveau d'étiage, ce surcreusement arriverait jusqu'à 27^m,5.

En proportion, le surcreusement fluvial est plus considérable que le surcreusement glaciaire.

BOTANIQUE. — *Sur le curieux développement d'une Algue phéosporée,* Castagnea Zosteræ *Thuret.* Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

Chaque année, le *Castagnea Zosteræ* apparaît en abondance, aux environs de Cherbourg, sur les feuilles du *Zostera marina*, vers la fin de juin et disparaît au début de septembre. C'est une plante cylindrique, simple ou peu ramifiée, large de 1^{mm} au plus et longue de 10^{cm} à 20^{cm}, fixée par un disque étroit facile à confondre avec celui de l'*Ascocyclus orbicularis* où elle s'insère fréquemment. Chaque cellule des filaments périphériques renferme plusieurs chromatophores discoïdes. On ignore comment il passe le reste de l'année et d'où viennent les germes qui l'ensemencent au début de la saison, d'autant plus que le *Zostera* renouvelle ses feuilles dans l'intervalle.

Grâce aux obligeants envois de M. Corbière et de M^{lle} Doublet, j'ai réalisé des cultures à Guéthary en 1921, 1923 et 1924 avec des résultats concordants et tout à fait nouveaux dans l'histoire des Algues; toutefois, c'est seulement en 1924 que j'ai réussi des cultures avec exclusivement l'une ou l'autre sorte d'organes reproducteurs, ce qui éloignait toute cause d'erreur d'interprétation [2]. Les zoospores, les plantules et le cycle de leur développement sont les mêmes pour les sporanges uniloculaires que pour les sporanges pluriloculaires, à moins que des différences existent dans les caractères cytologiques, ce que je n'ai pas étudié.

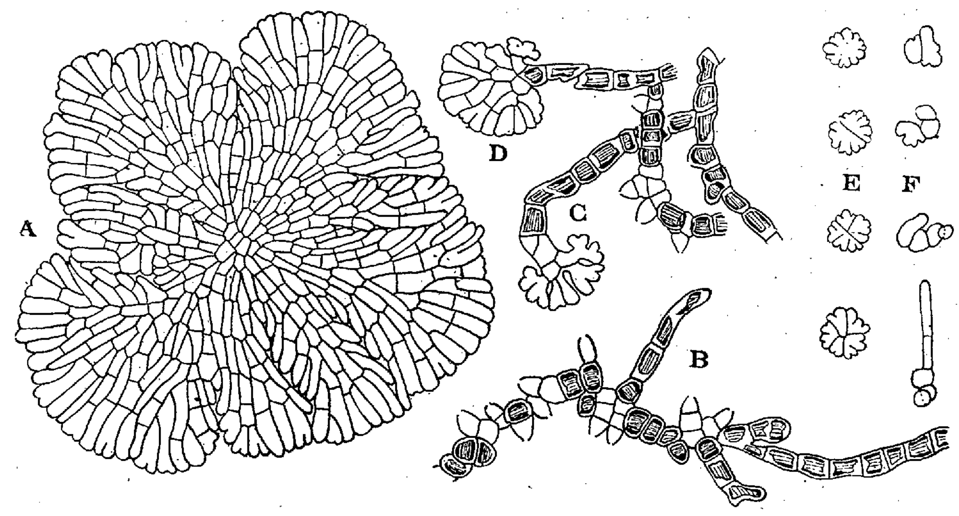
Les zoospores de grosseur moyenne, peu motiles, munies de cinq chromatophores et d'un point rouge, se fixent en embryospores arrondies de 9$^{\mu}$. Puis intervient une différence dans le mode de germination; elle est indépendante des circonstances extérieures, car on la constate en tous les points d'une même goutte d'eau.

Grâce à de lentes déformations amiboïdes, la plupart des embryospores, une à deux heures après la déhiscence, ont une forme étoilée comme celle

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) Pour les cultures en cellule, voir SAUVAGEAU, *Recherches sur les Laminaires des côtes de France* (*Mém. de l'Acad. des Sc.*, t. 56, 1918, p. 17).

des mégaspores du *Myrionema vulgare* (¹); après 24 heures, le nombre des chromatophores et celui des culs-de-sac périphériques ont doublé. Puis des cloisons apparaissent, les culs-de-sac s'allongent radialement, et la plantule devient un disque monostromatique fermement adhérent. La figure A représente un disque, de dimensions moyennes, d'une culture âgée



Castagnea Zosteræ Thur. — Culture âgée de 18 jours (20 août au 6 septembre). — A, plantule discoïde encore stérile; B, plantule ectocarpoïde fertile; C, D, portions de plantules ectocarpoïdes produisant un disque adventif; A à D, proviennent de la déhiscence de sporanges de la plante adulte. — E et F, futures plantules discoïdes et ectocarpoïdes de seconde génération, provenant des sporanges de filaments tels que B, C, D, et fixées sur la même lame de verre. (Gross. 375.)

de 18 jours (20 août au 6 septembre); d'autres disques étaient pilifères (²). D'autres embryospores, dont le pourcentage varie selon les cultures, restent arrondies, puis germent en un filament monosiphonié ectocarpoïde (³), simple ou ramifié, infléchi, flexueux, à peine adhérent par sa base, renfermant un seul chromatophore dans chaque cellule, qui produit bientôt des sporanges pluriloculaires cylindro-coniques. La plantule B, du même âge

(¹) C. Sauvageau, *Sur quelques Myrionémacées* (*Ann. Sc. nat.*, 8ᵉ série, t. 5, 1898, p. 60, fig. 10).

(²) Ces disques, plus ou moins lobés, comme s'ils étaient constitués par des rayons flabellés, n'ont pas la régularité d'un *Coleochæte* ou d'un *Myrionema;* ceux d'autres *Castagnea* sont parfaitement réguliers.

(³) Ce mot étant pris dans un sens très général; les filaments ressemblent plus à un *Streblonema* (C. Sauvageau, *Note préliminaire sur les Algues du golfe de Gascogne*, 1897, p. 43) qu'à un *Ectocarpus*.

que le disque A, a été choisie parmi les plus simples. Je n'ai pas vu les zoospores; elles fournissent aussi des disques ou des filaments, et les plantules E, F, de seconde génération, ont été choisies sur la même lame de culture que A et B. Les filaments ectocarpoïdes constituent donc un mode rapide et efficace de dissémination ; leur fructification précoce rappelle les faits de prosporie signalés par Kuckuck (1).

Cependant, des dispositions intermédiaires entre les disques, comme A, et les filaments, comme B, expliquent ces cas extrêmes. Ainsi, un ou deux rayons d'embryospores étalées en étoile, ou de plantules discoïdes déjà cloisonnées, grossissent notablement, au détriment des autres rayons, et s'allongent en filaments ectocarpoïdes. D'autre part, ces filaments, étant infléchis, touchent parfois le support en un ou quelques points d'où ils émettent un disque adventif adhérent, de même forme que A, qui persistera après la dislocation ou la disparition du filament épuisé par la fructification; les figures C et D en montrent le début.

Enfin, sur des disques semblables à A, ou plus jeunes ou plus âgés, une cellule, en apparence quelconque, se dresse, puis s'allonge en filament ectocarpoïde identique aux précédents, fertile et éphémère comme eux. Cette dernière disposition, naturellement plus tardive que les précédentes, me paraît s'interpréter comme le développement normal du *C. Zosteræ*. En théorie, toutes les zoospores nées sur la plante adulte devraient produire un disque, et tous les disques devraient produire, tôt ou tard, au moins un filament ectocarpoïde éphémère et fertile. Le disque en serait le support plus durable et la nourrice. Si un filament se développe sur un disque minuscule, ou même à peine caractérisé, plus encore s'il provient directement de l'allongement d'une embryospore arrondie, c'est par suite d'une de ces accélérations du développement embryonnaire groupées par Perrier et Gravier sous le nom de tachygénèse (2).

Dans les cultures plus âgées (20 août au 1er octobre), des filaments ectocarpoïdes, nés directement ou sur les disques, ont disparu, d'autres continuent à croître, leurs sporanges sont souvent plus longs et j'y ai compté jusqu'à dix logettes superposées. D'ailleurs il est probable que, dans la nature, ces filaments exposés aux mouvements de l'eau et à l'action des animaux se détachent, car ils adhèrent fort mal au support, ou se

(1) P. Kuckuck, *Ueber Zwerggenerationen bei* Pogotrichum (*Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch.*, t. 35, 1917, p. 557).

(2) Ed. Perrier et Ch. Gravier, *La tachygénèse ou accélération embryonnaire* (*Ann. Sc. nat.*, 8e série, t. 16, 1902, p. 1).

disloquent, à cause des solutions de continuité dues à la déhiscence des sporanges intercalaires. L'intérêt principal de la culture se reporte désormais sur les disques. Que ceux-ci soient pilifères ou non, qu'ils aient émis ou non un filament ectocarpoïde, des sporanges pluriloculaires à logettes unisériées se dressent à leur surface.

Je n'ai pas examiné les cultures entre le 1er octobre et le 12 novembre. Dans l'intervalle, le développement des disques, qui avait été rapide en septembre, s'est ensuite ralenti; ils se sont peu étendus, mais beaucoup de sporanges ont déhiscé. Sur les disques petits et isolés, les sporanges sont rapprochés, comme dans un *Myrionema;* sur les grands, isolés ou coalescents, ils sont disposés en îlots comme dans un *Chilionema;* leurs zoospores ont fourni de nouveaux disques et un moindre nombre de filaments ectocarpoïdes de deuxième génération; les uns et les autres étaient encore stériles le 12 novembre (1).

Cependant la plupart des disques de première génération, d'abord fermement adhérents, se détachent maintenant très facilement, par décollement de leurs bords ou à la suite de plissements radiaux. S'il en était de même dans la nature, ils se sépareraient du support avant d'avoir terminé leur fructification.

Les filaments ectocarpoïdes de deuxième génération seront vraisemblablement éphémères comme ceux de première; si mes cultures se conservent en bon état pendant l'hiver, elles apprendront si les disques de deuxième génération produisent encore des sporanges, pour la multiplication de la plante, ou s'ils engendrent des filaments dressés, dont la coalescence constituera le vrai *C. Zosteræ.*

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie de l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Principes d'Algèbre et d'Analyse* et s'exprime en ces termes :

La Bibliothèque d'éducation scientifique, dont cet ouvrage est le premier volume, se propose de faire l'éducation scientifique de tous ceux qui ont du goût pour les sciences et qui n'ont pu faire des études scientifiques

(1) La fertilité précoce des filaments de première génération permet d'obtenir sans mélange le produit de la germination de leurs zoospores; en passant un pinceau fin sur les cultures, on enlève à la fois les Diatomées et les filaments, et l'on conserve les disques; toutes les zoospores de la culture proviennent alors de ceux-ci.

complètes. Indépendamment de toute préoccupation de concours ou d'examens, nous chercherons à faciliter, par cette éducation scientifique sérieuse, la compréhension des ouvrages techniques ou de vulgarisation élevée, chaque jour plus nombreux, mais dont la lecture, pour être profitable, suppose une initiation préalable aux principes fondamentaux de la science.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A. Thooris. *La vie par le stade*. Préface de M. Lejars. (Présenté par M. d'Arsonval.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques familles complexes particulières.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Soient

$$f = a_0 + a_1 z + \ldots,$$
$$g = b_0 + b_1 z + \ldots,$$
$$h = c_0 + c_1 z + \ldots$$

trois fonctions de la variable complexe z, holomorphes pour $|z| < \mathrm{R}$. Posons

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} 1 & a_0 & a_0^2 \\ 1 & b_0 & b_0^2 \\ 1 & c_0 & c_0^2 \end{vmatrix}, \qquad \Delta_n = \begin{vmatrix} 1 & a_0 & a_n \\ 1 & b_0 & b_n \\ 1 & c_0 & c_n \end{vmatrix} \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Nous pouvons énoncer la proposition suivante :

Théorème. — *Si les équations*

$$(1) \qquad f - g = 0, \qquad g - h = 0, \qquad h - f = 0$$

n'ont pas de racines pour $|z| < \mathrm{R}$, *on a*

$$\mathrm{R} \leq \frac{2\mathrm{Q}}{\pi} \left| \frac{\Delta_0}{\Delta_1} \right|,$$

lorsque Δ_1 *est différent de zéro.*

Dans l'inégalité précédente, Q désigne l'aire du parallélogramme des

périodes de la fonction elliptique de Weierstrass attachée au polynome du troisième degré dont les racines sont a_0, b_0, c_0.

Lorsque Δ_1 est nul, la formule doit être remplacée par la suivante :

$$R \leqq \sqrt[n]{\frac{2Q}{\pi}\left|\frac{\Delta_0}{\Delta_n}\right|},$$

en supposant

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \ldots = \Delta_{n-1} = 0 \quad \text{et} \quad \Delta_n \neq 0.$$

Au lieu de fixer les valeurs de a_0, b_0, c_0, a_1, b_1, c_1, on peut aussi se donner les valeurs

$$f(0) = a_0, \quad g(0) = b_0, \quad h(0) = c_0$$

et les valeurs

$$f(z_0) = a'_0, \quad g(z_0) = b'_0, \quad h(z_0) = c'_0 \quad (z_0 \neq 0),$$

avec la condition

$$(a'_0, b'_0, c'_0, \infty) \neq (a_0, b_0, c_0, \infty);$$

on trouve encore pour R une limite supérieure qui ne dépend que des six nombres a_0, a'_0, b_0, b'_0, c_0, c'_0.

2. Considérons une famille complexe de fonctions f, g, h, telles que les nombres a_0, b_0, c_0 soient fixes et que les équations (1) n'aient pas de racines dans le cercle $|z| < R$ où ces fonctions sont holomorphes.

Si les g et les h forment des familles normales, les f forment aussi une famille normale et l'on a

$$|f| \leqq \Omega(a_0, b_0, c_0, \theta), \quad |z| \leqq \theta R, \quad 0 < \theta < 1,$$

Ω étant un nombre positif, fonction de a_0, b_0, c_0, θ et dépendant des caractères qui rendent normales les familles des g et des h.

Le même résultat subsiste si l'on suppose seulement que les équations

$$f - g = 0, \quad f - h = 0$$

n'aient pas de racines pour $|z| < R$ et que $g - h$ ou l'une de ses dérivées soit différente de zéro en un point donné ; on prendra par exemple

$$b_0 - c_0 \neq 0 \quad \text{ou} \quad b_n - c_n \neq 0.$$

Supposons en particulier que l'on ait

$$|g| < M, \quad |h| < M$$

pour $|z| < R$, avec la condition $b_0 - c_0 \neq 0$; pour $|z| \leqq \theta R$, la fonction f

vérifiera l'inégalité

$$|f| < \Omega(\theta, \mathrm{M}, a_0 - c_0, b_0 - c_0).$$

Dans le cas où la fonction h est identiquement nulle, nous retrouvons un théorème établi récemment par M. Valiron (¹).

On obtient des résultats analogues en supposant que les équations

$$f - g = 0, \qquad f - h = 0$$

aient respectivement p et q racines au plus ($p \leqq q$) et en fixant par exemple les $p+1$ premiers coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_p$ de la fonction f.

3. Soient quatre fonctions

$$\begin{aligned} f &= a_0 + a_1 z + \ldots, \\ g &= b_0 + b_1 z + \ldots, \\ h &= c_0 + c_1 z + \ldots, \\ k &= d_0 + d_1 z + \ldots, \end{aligned}$$

méromorphes pour $|z| < \mathrm{R}$; désignons par $\Delta(f, g, h, k)$ le déterminant de Van der Monde relatif à ces quatre fonctions. On établit la proposition suivante :

Théorème. — *Si l'équation*

$$\Delta(f, g, h, k) = 0$$

n'a pas de racine pour $|z| < \mathrm{R}$, *on a*

$$\mathrm{R} \leqq \frac{2\,\Omega}{\pi}\left|\frac{\Delta_0}{\Delta_1}\right|,$$

lorsque Δ_1 *est différent de zéro.*

Δ_0 désigne ici le nombre $\Delta(a_0, b_0, c_0, d_0)$ et Δ_1 le déterminant

$$\begin{vmatrix} 1 & a_0 & a_0^2 & a_1 \\ 1 & b_0 & b_0^2 & b_1 \\ 1 & c_0 & c_0^2 & c_1 \\ 1 & d_0 & d_0^2 & d_1 \end{vmatrix}.$$

Lorsque Δ_1 est nul, on trouve, pour limiter R, une expression différente. Il n'y a pas de limite supérieure pour R dans le cas exceptionnel où le rapport anharmonique des fonctions f, g, h, k est constant.

Au lieu de se donner $a_0, a_1, b_0, b_1, c_0, c_1, d_0, d_1$, on peut aussi fixer les valeurs a'_0, b'_0, c'_0, d'_0 des fonctions au point $z_0 \neq 0$, avec la condition

$$(a'_0, b'_0, c'_0, d'_0) \neq (a_0, b_0, c_0, d_0).$$

(¹) *Compléments aux théorèmes de Picard-Borel* (*Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 740).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la combinaison des résultats d'observation.* Note de M. J. **Haag**, présentée par M. Émile Borel.

1. Quand on fait plusieurs mesures d'une même grandeur, on choisit généralement leur moyenne arithmétique comme valeur *la plus plausible*. Toutefois, certains auteurs ont préconisé d'autres combinaisons, telles que la valeur médiane ou la demi-somme des valeurs extrêmes. Il m'a paru intéressant de comparer ces diverses règles par une étude mathématique rigoureuse et non pas seulement par des considérations de sentiment.

Nous admettrons, dans ce qui va suivre, que les erreurs obéissent à la loi de Gauss ([1]), avec un paramètre de précision égal à l'unité.

2. Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$ les n mesures observées et X la valeur exacte. Si la probabilité *a priori* de X est uniforme ([2]), sa probabilité *a posteriori* obéit à la loi de Gauss, la valeur la plus probable étant la moyenne arithmétique([3]) des x_i et l'écart unitaire étant $\frac{1}{\sqrt{n}}$. La probabilité pour que l'erreur ne dépasse pas une limite donnée λ est plus grande avec la moyenne arithmétique qu'avec toute valeur et ceci quel que soit λ. Il semble bien qu'on ne puisse pas demander mieux.

En réalité, quand on admet l'une des règles mentionnées ci-dessus, on fait volontairement abstraction de la valeur précise des mesures observées. On retient seulement leur position par rapport à une ou deux d'entre elles et l'on raisonne comme si l'on s'était effectivement contenté de faire expérimentalement cette comparaison. Il faut donc s'attendre à ce que le résultat soit moins bon qu'avec la règle de la moyenne arithmétique, qui utilise tous les renseignements fournis par l'observation. C'est bien ce que va confirmer le calcul.

3. Prenons d'abord la *règle de la médiane*, dans le cas où le *nombre des*

([1]) On peut objecter que c'est ici qu'interviennent les considérations du sentiment. Mais, si l'on n'admet rien, tout est arbitraire et l'on peut trouver une loi qui justifie n'importe quelle règle posée à l'avance. Parmi toutes les lois d'erreurs, la loi de Gauss paraît être la plus solidement établie, tant au point de vue théorique qu'au point de vue expérimental. Il nous semble donc raisonnable de l'adopter comme base de notre étude.

([2]) Il suffit pratiquement qu'elle le soit à peu près dans la zone de dispersion des mesures.

([3]) On sait que cette propriété caractérise précisément la loi de Gauss.

mesures est impair, soit $n = 2m + 1$. La probabilité *a posteriori* pour que l'erreur commise soit comprise entre t et $t + dt$ est

$$(1) \qquad \frac{(2m+1)!}{(m!)^2} \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2} \left[\frac{1-\Theta^2(t)}{4}\right]^m dt.$$

La valeur la plus plausible est bien $t = 0$. Mais il nous faut comparer ce résultat à celui qu'aurait donné la moyenne arithmétique. On peut démontrer assez facilement que, quel que soit λ, la probabilité pour que l'erreur soit inférieure à λ est plus petite avec la loi (1) qu'avec la loi du paragraphe 2. Donc, l'avantage va à la moyenne arithmétique.

Lorsque n est très grand, la loi (1) est asymptotique à la loi de Gauss, avec l'écart unitaire $\sqrt{\frac{\pi}{2n}}$. La *précision relative* (¹) est environ $\frac{4}{5}$.

4. *Quand n est pair*, la question est plus compliquée. On adopte dans ce cas, la demi-somme des deux mesures médianes. Supposons, plus généralement, que l'on prenne la demi-somme des mesures x_p et x_{n-p+1}, qui sont à $p-1$ rangs des extrêmes. La probabilité élémentaire *a posteriori* de X est proportionnelle à

$$(2) \qquad e^{-(y^2+z^2)}[1+\Theta(y)]^{p-1}[1-\Theta(z)]^{p-1}[\Theta(z)-\Theta(y)]^{n-2p}\, dX,$$

où l'on doit remplacer y et z par $X - x_p$ et $X - x_{n-p+1}$. Elle est bien maximum pour $X = \frac{1}{2}(x_p + x_{n-p+1})$. Mais il paraît difficile de la comparer à la probabilité du paragraphe 2, du moins tant que n est fini.

5. Si n est très grand et $n - 2p = q$ petit, la loi (2) est asymptotique à la loi de Gauss, avec l'écart unitaire $\frac{1}{\sqrt{kn}}$, en posant

$$(3) \qquad k = \frac{2}{\pi} \frac{e^{-a^2}}{1-\Theta(a)} \left[\frac{e^{-a^2}}{1-\Theta(a)} - a\sqrt{\pi}\right], \qquad 2a = x_{n-p+1} - x_p.$$

Lorsque a augmente de 0 à $+\infty$, k croît de $\frac{2}{\pi}$ à 1. Mais il y a lieu d'observer que la valeur probable de a est très petite. Elle est rigoureusement égale à

$$(4) \qquad \frac{n!}{2^{n-1}[(p-1)!]^2(n-2p)!} \frac{1}{\pi} \int\!\!\int (z-y) f(y,z)\, dy\, dz,$$

en appelant $f(y, z)$ le coefficient de dX dans (2) et intégrant dans le champ $y < z$. Sa valeur asymptotique est $\frac{\sqrt{\pi}(q+1)}{2n}$.

(¹) C'est-à-dire comparée à celle du paragraphe 2.

6. Si n est très grand et p petit, la loi (2) est encore asymptotique à la loi de Gauss, avec l'écart unitaire $\frac{1}{\sqrt{hn}}$, en posant

$$h = \frac{4ae^{-a^2}}{\sqrt{\pi}\Theta(a)}. \tag{5}$$

Lorsque a croît de 0 à $+\infty$, la précision relative décroît de $\sqrt{2}$ à 0. La formule (4) montre que la valeur probable de a est asymptotique à $\sqrt{\log n}$. En portant cette valeur dans (5), on obtient un écart unitaire asymptotique à $\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{\log n}\right)^{\frac{1}{4}}$ et qui décroît, par conséquent, beaucoup plus lentement que $\frac{1}{\sqrt{n}}$. Ceci montre que la règle qui consiste à adopter la demi-somme des valeurs extrêmes est de beaucoup la plus mauvaise.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Le déplacement parallèle dans la géométrie de Weyl.* Note de M. **René Thiry**, présentée par M. Émile Borel.

M. Weyl, dans son ouvrage bien connu [1], met à la base de sa géométrie la notion de déplacement parallèle d'un vecteur de composantes contrevariantes ξ_i. Cette notion, à laquelle il donne le nom de connexion affine, établit entre les vecteurs attachés à deux points différents $P(x^i)$ et $P'(x^i + dx^i)$ une correspondance telle qu'un vecteur $\xi^i(P')$ sera dit résulter du déplacement parallèle d'un vecteur $\xi^i(P)$ s'il y a entre leurs composantes les relations

$$\xi^i(P') = \xi^i(P) - \Gamma^i_{rs}\xi^r(P)\,dx^s.$$

De même, M. Weyl introduit, sous le nom de connexion métrique, la notion de déplacement congruent qui établit entre les segments une correspondance telle qu'un segment attaché au point P′ sera dit résulter du déplacement congruent d'un segment attaché au point P s'il y a entre leurs longueurs la relation

$$l^2(P') = l^2(P)[1 - \varphi_i\,dx^i].$$

Ceci posé, l'auteur donne *deux* définitions du déplacement parallèle d'un vecteur de composantes covariantes η_i, l'une, dans la multiplicité à connexion affine (p. 98), par la condition que le déplacement parallèle

(1) *Temps, Espace, Matière*, trad. Juvet, § 14 à 17.

simultané des vecteurs ξ^i et η_i satisfasse à la condition

$$\xi^i(P')\eta_i(P') = \xi^i(P)\eta_i(P),$$

l'autre, dans la multiplicité à connexion métrique (p. 116), par la condition que le déplacement parallèle des vecteurs satisfasse à la condition

$$\xi^i(P')\eta_i(P') = \xi^i(P)\eta_i(P)[1 - \varphi_k\, dx^k]$$

et cela, dans les deux cas, quel que soit le vecteur ξ^i.

Ces deux définitions conduisent immédiatement aux formules, pour la première

$$\eta_i(P') = \eta_i(P) + \Gamma^r_{.is}\,\eta_r(P)\,dx^s,$$

pour la deuxième

$$\eta_i(P') = \eta_i(P)[1 - \varphi_k\, dx^k] + \Gamma^r_{.is}\,\eta_r(P)\,dx^s.$$

Ces différences justifient peut-être les remarques suivantes :

Dans une multiplicité douée à la fois d'une connexion affine et d'une connexion métrique, il est indispensable de donner du déplacement parallèle du vecteur η_i la deuxième définition si l'on veut obtenir une propriété intrinsèque, indépendante à la fois du système des variables et de l'étalonnage. La présence des composantes φ_i de la connexion métrique tient au fait que le système η_i, défini par les formules $\eta_i = g_{ik}\eta^k$, est nécessairement de *poids* 1 ; si l'on ramenait son poids à être nul (en divisant, par exemple, les fonctions η_i par le carré de la longueur du vecteur), un calcul immédiat montre qu'on retomberait sur la première définition; celle-ci ne convient par conséquent qu'aux vecteurs de poids nul.

Par des considérations analogues et également simples, on sera conduit à définir le transport intrinsèque sans altération d'un invariant ou d'un vecteur de poids *e* par les formules suivantes :

Invariant. . . . . $f(P') = f(P)[1 - e\varphi_k\, dx^k]$

Vecteur contrevariant. . . $\xi^i(P') = \xi^i(P)[1 - e\varphi_k\, dx^k] - \Gamma^i_{.rs}\xi^r(P)\,dx^s$

» covariant. . . . . . $\xi_i(P') = \xi_i(P)[1 - e\varphi_k\, dx^k] + \Gamma^r_{.is}\xi_r(P)\,dx^s$

De cette notion, on pourra déduire un procédé de dérivation covariante que nous représenterons par le symbole W et qui sera donnée par les formules :

Invariant. . . . . $W_s f = \dfrac{\partial f}{\partial x^s} + e f \varphi_s$

Vecteur contrevariant. . . . . $W_s \xi^i = \dfrac{\partial \xi^i}{\partial x^s} + \Gamma^i_{.rs}\xi^r + e\xi^i\varphi_s$

» covariant. . . . . $W_s \xi_i = \dfrac{\partial \xi_i}{\partial x^s} + \Gamma^r_{.is}\xi_r + e\xi_i\varphi_s$

Ces formules se généralisent facilement par un tenseur d'ordre quelconque. En particulier, pour le tenseur métrique fondamental g_{ik} (de poids 1), on trouve

$$W_s g_{ik} = \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^s} - \Gamma^r_{.is} g_{rk} - \Gamma^r_{.ks} g_{ri} + g_{ik} \varphi_s.$$

Or, si l'on suppose, comme le fait M. Weyl, que le transport parallèle d'un vecteur réalise en même temps le déplacement congruent de sa longueur, on trouve (1) des relations entre les $\Gamma^r_{.ik}$ et les φ_i qui expriment précisément que $W_s g_{ik} \equiv 0$.

On retrouve donc ici encore le théorème de Ricci : *Le tenseur métrique fondamental est stationnaire en tout point de l'espace.*

Ce théorème est donc applicable dans l'espace de Weyl comme dans celui de Riemann; il entraîne, dans les deux cas, les mêmes conséquences et la dérivation covariante W jouit des mêmes propriétés que la dérivation covariante ordinaire.

MÉCANIQUE. — *Sur la stabilité d'une plaque uniformément comprimée parallèlement à sa surface, limitée par deux arcs de cercles concentriques et par deux rayons.* Note de M. **B. Galerkin**, présentée par M. Mesnager.

Supposons une plaque d'une épaisseur constante, limitée par deux arcs de cercles concentriques, dont les rayons sont $r = a_0$ et $r = a$, et par deux rayons $\theta = 0$ et $\theta = \alpha$; la plaque est comprimée par les forces parallèles à sa surface, égales à p, par unité de longueur du contour sur lequel elles sont uniformément réparties, ainsi que dans l'épaisseur, et normales à ce contour.

L'équation de la surface moyenne de plaque comprimée est

$$D \Delta \Delta w + p \Delta w = 0 \tag{1}$$

avec $D = \frac{E h^3}{12(1-\sigma^2)}$ (E étant le module d'élasticité; σ, le coefficient de Poisson; Δ, le paramètre différentiel du second ordre).

Supposant la plaque librement appuyée sur les bords radiaux, nous pouvons écrire l'expression suivante pour une surface élastique (moyenne)

$$w = R \sin \frac{n\pi\theta}{\alpha},$$

(1) *T. E. M.*, p. 108.

où R est une fonction de r; α, l'angle au centre de la plaque; n, un nombre entier quelconque.

Substituant à w l'expression dans l'équation (1), nous obtiendrons

$$(2)\qquad D\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}-\frac{n^2\pi^2}{\alpha^2}\frac{1}{r^2}\right)\left(\frac{\partial^2 R}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial R}{\partial r}-\frac{n^2\pi^2}{\alpha^2}\frac{R}{r^2}\right)$$
$$=-p\left(\frac{\partial^2 R}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial R}{\partial r}-\frac{n^2\pi^2}{\alpha^2}R\right).$$

Posons $\frac{p}{D}=c^2$, l'équation (2) sera satisfaite par

$$R=AJ_{\frac{n\pi}{\alpha}}(cr)+BJ_{-\frac{n\pi}{\alpha}}(cr)+Cr^{\frac{n\pi}{\alpha}}+Fr^{-\frac{n\pi}{\alpha}};$$

$J_{\frac{n\pi}{\alpha}}$ et $J_{-\frac{n\pi}{\alpha}}$ étant les fonctions de Bessel.

En écrivant les quatre équations d'équilibre du contour, nous apprendrons que le déterminant des coefficients de A, B, C et F est égal à zéro; en mettant $n=1, 2, \ldots$, nous obtiendrons les racines de cette équation; la plus petite de ces racines qui soit rationnelle donnera la pression critique p_{cr} à partir de laquelle la plaque cessera d'être plane.

Si nous prenons la plaque en demi-cercle, $\alpha=\pi$, donc

$$w=[A\,J_n(cr)+B\,Y_n(cr)+Cr^n+Fr^{-n}]\sin n\theta.$$

Dans le cas d'une plaque en forme de secteur circulaire ($a_0=0$), il faut faire $B=F=0$. L'équation de la surface moyenne prendra la forme suivante :

$$w=\left[AJ_{\frac{n\pi}{\alpha}}(cr)+Cr^{\frac{n\pi}{\alpha}}\right]\sin\frac{n\pi\theta}{\alpha}.$$

Donnons la solution pour le cas où la plaque est en forme de secteur ayant le bord courbe encastré.

Pour $r=a$, $w=0$ et $\frac{\partial w}{\partial r}=0$ ou

$$AJ_{\frac{n\pi}{\alpha}}(ca)+Ca^{\frac{n\pi}{\alpha}}=0$$

et

$$Aca\left[-\frac{n\pi}{\alpha ca}J_{\frac{n\pi}{\alpha}}(ca)-J_{\frac{n\pi-\alpha}{\alpha}}(ca)\right]+\frac{n\pi}{\alpha}Ca^{\frac{n\pi}{\alpha}}=0.$$

D'où, en posant $ca=\beta$,

$$\frac{2n\pi}{\alpha}J_{\frac{n\pi}{\alpha}}(\beta)-\beta J_{\frac{n\pi-\alpha}{\alpha}}(\beta)=0.$$

Pour $\alpha = \pi$ et $n = 1$,

$$2J_1(\beta) - \beta J_0(\beta) = 0.$$

La plus petite racine de cette équation est

$$\beta' = 5,14, \quad \text{d'où} \quad p_{cr} = 26,4\frac{D}{a^2}.$$

Si $\alpha = \frac{3}{2}\pi$ et $n = 1$,

$$3J_{\frac{3}{2}}(\beta) - \beta J_{\frac{1}{2}}(\beta) = 0$$

ou

$$3\left(\frac{\sin\beta}{\beta} - \cos\beta\right) - \beta\sin\beta = 0,$$

$$\beta' = 5,76 \quad \text{et} \quad p_{cr} - 33,2\frac{D}{a^2}.$$

Pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $n = 1$,

$$4J_2(\beta) - \beta J_1(\beta) = 0, \quad \beta' = 6,38 \quad \text{et} \quad p_{cr} = 4,07\frac{D}{a^2}.$$

PHYSIQUE. — *Sur la propagation de l'onde explosive.* Note de M. P. **Laffitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les expériences de Berthelot et Vieille, de Mallard et Le Chatelier, de Dixon, ont montré que lorsqu'une onde explosive s'est développée dans un tube cylindrique contenant un mélange gazeux explosif, elle se propage ensuite avec une vitesse uniforme, indépendante de la matière qui forme le tube, de sa longueur et de son diamètre. Mais si le diamètre du tube augmente brusquement, les expériences de C. Campbell [1] ont montré qu'à partir de la discontinuité l'onde explosive cesse de se propager : le phénomène qui se développe alors est une combustion. C. Campbell a mesuré la vitesse de propagation de cette flamme dans un certain nombre de mélange gazeux : $H^2 + O^2$, $2H^2 + 3O^2$, $3CS^2 + 5O^2$, $C^2N^2 + O^2 + N^2$, etc.

L'objet des recherches rapportées dans la présente Note a été d'étudier d'une manière plus complète le phénomène explosif qui se propage après la brusque augmentation du diamètre du tube. Nous avons utilisé la méthode d'enregistrement photographique en employant un tambour tournant sur lequel était fixé le papier sensible. Nous avons opéré principalement avec les mélanges $CS^2 + 3O^2$ et $H^2 + O$ dont l'inflammation était provoquée à

(1) *Journal of the chemical Society*, t. **121**, Part **2**, 1922, p. 2483-2498.

l'aide d'une étincelle électrique. La brusque augmentation de diamètre était réalisée à l'aide de deux tubes raccordés par un bouchon de liège pénétrant dans le tube de plus grand diamètre, tandis que le tube de plus petit diamètre pénétrait dans le bouchon.

Nos expériences ont permis de constater que l'onde explosive, qui cesse de se propager à partir du point de jonction des deux tubes, se reforme dans le second tube après une période de combustion; la longueur de cette période de combustion dépend, pour un mélange donné, du rapport des diamètres des deux tubes, et si, comme dans nos expériences, on ne fait varier que le diamètre du second tube, elle ne dépend que de ce diamètre. Le tableau suivant donne, pour le mélange $CS^2 + 3O^2$, les longueurs de cette période de combustion dans des tubes de diamètre variable (celui du premier tube étant toujours de 7^{mm}) :

Diamètre du deuxième tube.	Longueurs de combustion dans le deuxième tube.
mm	cm
13	8
16	10
23-24	15
33-34	50
44-45	100

Sur les photographies on voit d'abord une première partie limitée par une ligne droite et correspondant à la propagation de l'onde dans le premier tube (à la vitesse de 1800 m : sec), la période de combustion précédant la naissance de l'onde explosive dans ce premier tube n'ayant pas été photographiée. On voit ensuite une brusque discontinuité : l'onde explosive cesse de se propager et la flamme qui se développe se propage avec une vitesse croissante; la partie de l'image correspondant à ce phénomène est limitée par une ligne courbe. Puis, de nouveau, l'onde explosive prend naissance et se propage dans le second tube à la même vitesse que dans le premier, l'inclinaison de la droite limitant cette partie de l'image étant la même que celle du début.

La figure 1 a été obtenue avec un tube de 7^{mm} de diamètre pénétrant dans un tube de 24^{mm} de diamètre; l'onde explosive ne s'est reformée dans ce second tube qu'après 15^{cm} environ parcourus à la vitesse moyenne de 1000 m : sec. Dans la figure 2 le diamètre du second tube était de 34^{mm} : l'onde s'est reformée après 50^{cm} parcourus à la vitesse moyenne de 750 m : sec. La figure 3 a été obtenue avec le mélange $H^2 + O$ dont l'explosion s'est propagée d'abord dans un tube de 7^{mm} puis dans un tube de 24^{mm} de diamètre. L'onde explosive s'est encore reformée 15^{cm} après la fonction des deux tubes. Mais, pour des diamètres croissants du second tube, la période de combustion se développe sur une longueur un peu supérieure à ce qu'elle est avec le mélange $CS^2 + 3 O^2$. Ainsi, si le diamètre du second tube est de 34^{mm}, cette longueur est de 62^{cm} avec le mélange $H^2 + O$, tandis qu'elle n'est que de 50^{cm} avec le mélange $CS^2 + 3 O^2$.

Les expériences de C. Campbell ne lui ont pas permis de mettre en évidence la formation de l'onde explosive dans le second tube. Il semble que ce soit pour les deux raisons suivantes : il utilisait des tubes de faible

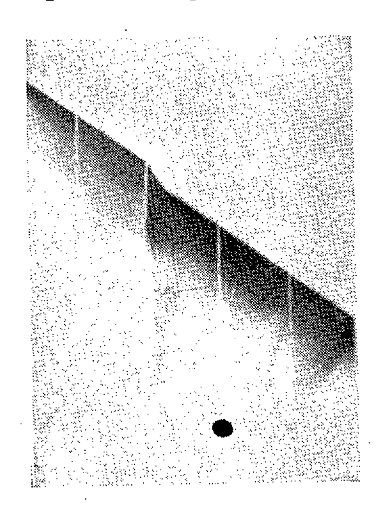


Fig. 1.

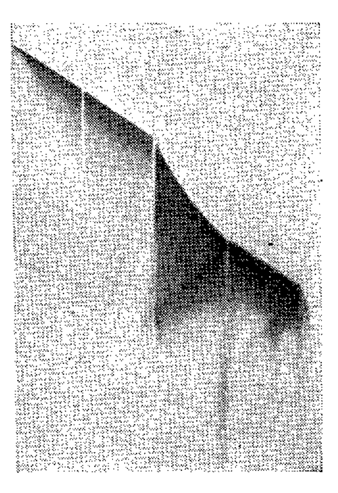


Fig. 2.

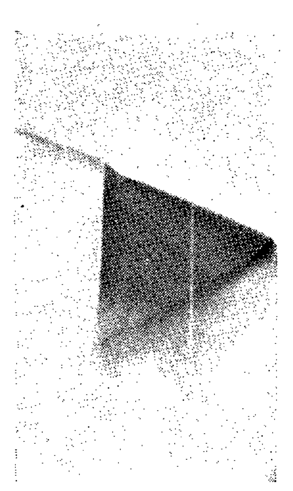


Fig. 3.

longueur, et en outre il employait des mélanges gazeux dilués soit par un gaz inerte, soit par un excès de l'un des gaz du mélange explosif, mélanges dans lesquels l'onde explosive se forme plus difficilement.

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'étincelle du fer dans la région de Schumann.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

Nous avons examiné dans la région de Schumann un certain nombre de spectres à raies nombreuses, et avons pu nous assurer que les Tables de longueurs d'onde publiées jusqu'à ce jour ne donnent de ces spectres qu'une idée très imparfaite. Nous publions aujourd'hui la liste des raies d'étincelle du fer. La comparaison avec les listes publiées antérieurement (¹) donnera une idée des progrès accomplis : sur les 253 raies relevées, plus de la moitié sont nouvelles.

Les clichés obtenus avec nos appareils à prismes de fluorine ont une

(¹) Léon et Eugène Bloch, *Journ. de Phys.*, t. 2, 1921, p. 250; *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 851. — Millikan, Bowen et Sawyer, *Astroph. Journ.*, t. 53, 1921, p. 150.

finesse bien supérieure à celle qui avait été atteinte. Les étalons de longueurs d'onde sont malheureusement insuffisants. Nous avons utilisé comme étalons primaires les raies du carbone et de l'azote données par Siméon et par Hopfield et Leifson, Les raies de l'aluminium, soigneusement comparées aux précédentes, nous ont servi d'étalons secondaires. La précision absolue de nos résultats ne saurait dépasser celle des étalons qui est de l'ordre de 0,2 angström. Mais les différences de longueurs d'onde de raies voisines sont souvent connues avec une exactitude de l'ordre de quelques centièmes d'angström. Aussi donnons-nous les nombres avec deux décimales.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
4	1854,93		2	1816,02	diff.	2	1740,31	
3	1852,73		0	1813,17		0	1738,54	
2	1851,23		1	1812,18		1	1730,88	
2	1850,14		2	1809,65		2	1726,33	Mn?
1	1849,37		00	1808,41	diff.	1	1724,79	
1	1848,84		0	1805,58	diff.	1	1723,96	
1	1848,20		00	1803,66		1	1722,70	
2	1846,52	diff.	0	1802,07		3	1720,52	
2	1845,48		00	1799,90		0	1719,93	
1	1844,40		2	1798,47		2	1718,35	
3	1843,21	diff.	1	1797,26		1	1717,86	
3	1841,56		3	1793,63		0	1717,20	
1	1839,88	diff.	00	1792,50		0	1716,42	
2	1838,30		5	1788,29		1	1715,40	
1	1837,64		5	1786,98		3	1712,83	
1	1835,92		5	1785,46		0	1711,30	
1	1834,99		0	1782,08		0	1710,15	
2	1833,67		0	1777,94		2	1709,60	
1	1832,00		3	1776,22		1	1708,47	
2	1830,52		3	1772,73		0	1707,23	
0	1829,32		3	1770,72		0	1706,00	
0	1828,00		3	1769,52		00	1704,42	
0	1827,15	Mn?	0	1765,20		00	1702,49	
0	1826,37		0	1764,03		4	1701,85	
0	1825,33		4	1761,57		00	1700,57	diff.
0	1824,78		2	1758,07	diff.	0	1698,87	
1	1823,94		00	1753,55		2	1696,63	
2	1822,32		1	1751,29		0	1694,94	
0	1820,55	Mn?	00	1749,72		0	1693,82	
0	1819,75		00	1749,13		0	1691,03	
0	1818,78	Mn?	3	1748,00		0	1690,47	
0	1817,97	Mn?	2	1746,92		0	1689,46	

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
00	1688,05		00	1628,17		0	1573,87	
0	1687,34		00	1626,23		0	1572,85	diff.
1	1686,32		2	1625,23		00	1570,93	
1	1685,81		1	1622,73		2	1570,12	
00	1683,06		0	1622,02		1	1569,59	
0	1681,01		3	1621,42		1	1568,77	diff.
3	1679,20		00	1620,92		1	1567,94	diff.
00	1677,58		00	1618,83		2	1566,74	
00	1676,61		2	1618,23		00	1565,43	
3	1675,55		00	1617,61		00	1565,05	Mn?
1	1674,45		0	1616,49		00	1564,05	
1	1674,05		3	1612,57		3	1563,70	
3	1673,20		2	1611,60		1	1563,36	
3	1670,54		1	1610,79		00	1562,60	diff.
0	1667,70		00	1609,81	Mn?	00	1561,74	
1	1662,95		0	1608,84	Mn?	00	1559,52	
0	1662,35		4	1608,22		3	1559,02	
0	1661,96		2	1607,56		1	1558,54	
0	1659,79		0	1605,87		1	1556,48	
2	1659,21		00	1603,07	Mn?	0	1556,07	
1	1658,51		0	1601,90	Mn?	00	1553,73	
1	1654,19		3	1601,08		0	1553,00	
00	1653,06		0	1599,98		2	1551,98	
00	1652,40		1	1598,06		3	1550,17	
0	1651,31		00	1596,74		1	1547,88	
1	1650,42		0	1595,53		0	1546,88	
3	1649,20		2	1594,50		0	1546,17	
2	1646,87		00	1591,80		00	1545,40	
2	1645,91		1	1588,19		1	1544,16	
2	1643,29		00	1587,49	Mn	1	1543,65	
00	1642,01		00	1585,71		0	1542,73	
3	1641,43		0	1585,16		0	1541,97	diff.
00	1640,51		1	1584,83		00	1541,33	
3	1639,85		00	1584,36		0	1540,79	
3	1639,04		00	1583,18		1	1540,18	
00	1637,74		00	1581,03		1	1539,40	
2	1637,11		2	1580,53		2	1539,09	
2	1636,03		0	1580,12		2	1538,64	
3	1635,10		0	1579,70		1	1537,41	
1	1634,05		0	1578,52		0	1536,63	
2	1633,64		0	1577,82		1	1535,43	
1	1632,28	diff.	1	1576,99		1	1534,03	diff.
2	1630,83		1	1576,61		00	1533,46	Mn
3	1628,90		2	1574,84				

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
00	1532,87		0	1525,00		1	1513,54	
3	1531,80		0	1524,65		00	1512,86	
1	1531,37		00	1520,00		0	1512,32	
0	1530,23		0	1518,85		0	1511,69	
0	1529,78		00	1517,73		00	1511,20	
00	1527,67		0	1516,82	diff.	00	1507,59	
2	1527,22		0	1516,15	diff.	00	1506,73	
0	1526,62		0	1515,59		1	1505,16	
0	1525,93		00	1514,59				

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Sur le déplacement du maximum de solubilité et sur l'existence de solubilités constantes.* Note de M. **Alb. Colson**.

Évidemment, le principe du déplacement de l'équilibre des corps dissous perd sa signification du moment qu'aucune chaleur de dissolution connue n'est directement liée à la variation $\frac{dC}{dT}$ de la solubilité. Si d'autre part, conformément à l'exposé fait ([1]), la condition $L = 2iT$ est l'expression rationnelle du maximum de solubilité des corps peu solubles, une modification progressive de L déterminera un accroissement parallèle de T, pourvu que dans le cycle des actions réversibles le corps dissous soit en excès et qu'il retrouve en se déposant l'état qu'il avait avant sa dissolution ([2]). Alors quel que soit le solvant, eau pure ou acidifiée, le taux du corps dissous pourra changer à T° mais non la réversibilité du phénomène qui seule importe à la condition $L = 2iT$. Dans le cas du gypse, la valeur de L augmentera dans les solutions d'acide nitrique où celui-ci, d'après Berthelot, déplace partiellement l'acide sulfurique du gypse en provoquant un refroidissement, c'est-à-dire un accroissement de la chaleur L indispensable à la dissolution isotherme de ce sel; de sorte que la température T s'élève avec L, et lorsqu'elle dépasse le point d'ébullition du solvant, efface ainsi tout maximum.

Expériences. — Dans un calorimètre, 400^{cm^3} d'une solution nitrique à 1,5 pour 100 sont mis en contact avec un excès de gypse précipité, lavé et essoré après chaque lavage. On observe un refroidissement très appréciable, environ 0°,10 vers 16° au bout de 30 minutes. Ce refroidissement

([1]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1041.
([2]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 57.

correspond à une dépense de $18^{cal},5$ par gramme de sulfate anhydre dissous isothermiquement, soit $L = 136 \times 18,5 = 2516^{cal}$, alors qu'à 35° le maximum n'exige que 1154 et n'atteindrait que 1265^{cal} à l'ébullition. Le maximum de solubilité donné par $2iT$ nécessiterait une température $T = 600°$ environ, supérieure à l'ébullition des dissolutions. Comme contrôle, les liqueurs saturées sous la pression atmosphérique se troublent par un refroidissement prolongé et redeviennent limpides par réchauffement. Les solutions nitriques à 0,6 pour 100 se comportent de la même façon.

Solutions sulfuriques. — L'allure des phénomènes est semblable en solutions sulfuriques, où pourtant le sulfate calcique, loin d'être dissocié, est stabilisé par l'excès des ions SO^4 introduits par le solvant. En effet, vers 17°, la dissolution du gypse dans l'eau acidulée au taux de 2,5 pour 100 abaisse la température de 0°,04 qui, dans l'action isotherme, est compensée par une chaleur correspondante d'environ 10^{cal} par gramme. Ici encore la solubilité croît avec la température, car toute solution saturée et limpide se trouble par un refroidissement prolongé et s'éclaircit par réchauffement. Voici d'ailleurs le tableau de quelques expériences :

N°.		Acidité pour 100.	Solubilité vers 15°.	Solubilité à l'ébullition.
		g		g
1	NO^3H	1,2	0,675	1,002
2	»	0,6	0,522	0,640
3	»	0,15	0,282	0,280
4	»	0,06	0,218	0,218
5	SO^4H^2	1	0,332	0,430
6	»	0,5	0,308	0,373
7	»	0,2	0,249	0,256
8	»	0,1	0,224	0,224

Que le solvant acide décompose ou qu'il stabibilise le gypse dissous, il a pour effet d'élever rapidement la température du maximum de solubilité au-dessus de son point d'ébullition, c'est-à-dire de faire disparaître ce maximum. Toutefois, à mesure que l'acidité s'affaiblit, l'action de la température sur la solubilité s'égalise et devient constante.

La constance de la solubilité et ses conditions. — Ce phénomène inconnu jusqu'ici résulte des expériences des types 3, 4, 7 et 8. Il est analogue au cas d'un gaz stable enfermé dans une enceinte peu dilatable, sur la concentration duquel la température reste nécessairement sans action. Il semble que les solvants peu acidulés provoquent une désagrégation moléculaire du

corps dissous et que la température détermine la dilatation normale de ces particules, jusqu'à ce qu'un accroissement de concentration, résultant d'une acidité plus forte, fasse de ce genre de gaz une vapeur saturée. Les expériences suivantes marquent cette progression :

Une solution nitrique à 0,15 pour 100, maintenue pendant plus d'une demi-heure à l'ébullition avec du gypse précipité et en excès, contenait $2^g,80$ de sulfate sec pour 100^g de liquide filtré à chaud. A aucune température intermédiaire, même refroidie à 15° pendant plusieurs jours, elle ne se trouble. A cette température, 100^{cm^3} de la solution limpide renferment $2^g,858$ de sulfate, soit sensiblement 2,80 par 100^g.

Ayant observé une constance analogue sur une solution sulfurique à 0,15 pour 100, j'ai ajouté $0^g,20$ d'acide sulfurique à 100^{cm^3} d'une vieille solution aqueuse en légère sursaturation contenant $0^g,249$ de sulfate. Après une ébullition prolongée, le maximum de saturation disparaît; car, chauffée de nouveau, la solution acide ne se trouble plus; au contraire elle absorbe progressivement 7^{mg} de gypse; elle les dépose vers 15°, puis les redissout progressivement par échauffement, ne reprenant sa limpidité qu'au-dessus de 90°. On approche donc de la constance de solubilité observée en solutions moins acides.

Expression de la constance de solubilité. — Nécessitant comme le maximum de solubilité la condition $\frac{dC}{dT} = 0$ qui annule la valeur $L - 2iT$, cette constance exige en outre la stabilisation de ce maximum. Or, quand le nombre des molécules contenues dans un volume sensiblement fixe reste invariable quelle que soit la température T, la pression gazeuse est proportionnelle à la température absolue T, puisque dans l'expression $P \times U = R \times T$ le volume U est constant. La pression osmotique $p = iP$ jouira donc de la même propriété par analogie, ce qui exige que i soit constant.

Pour le gypse, i est compris entre 1 et 2; c'est sans doute pourquoi cette molécule dissoute dans un même volume U présente une constance de solubilité identique dans le solvant qui la stabilise et dans celui qui la sépare en ses deux ions.

Les expériences 4 et 8 montrent en effet que 100^g de dissolvant à 1^g d'acide par litre donnent des solubilités constantes renfermant $2^g,2$ de sel dissous. En outre la condition $L = 2iT$ indique qne si $i = 1$ et $i' = 2$, la chaleur L varie du simple au double. Précisément nous avons trouvé environ 10^{cal} pour les solutions sulfuriques et $18^{cal},5$ en solution nitrique moins acide, dans lesquelles le maximum ayant disparu, la comparaison est moins nette.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude expérimentale de l'action de l'acide sulfurique sur l'oxalate de calcium.* Note (¹) de MM. **E. Carrière** et **E. Vilon**, présentée par M. A. Haller.

Nous nous sommes proposé : 1° d'établir que la réaction de l'acide sulfurique sur l'oxalate de calcium est limitée; 2° d'étudier l'influence des divers facteurs sur l'équilibre. Au moment de faire une détermination 10$^{cm^3}$ d'une liqueur titrée d'acide oxalique sont neutralisés par 10$^{cm^3}$ d'une liqueur titrée équivalente de soude; par addition consécutive de 10$^{cm^3}$ d'une liqueur titrée équivalente de chlorure de calcium l'oxalate de calcium est précipité. On verse ensuite 10$^{cm^3}$ d'une liqueur titrée équivalente d'acide sulfurique. L'acide oxalique régénéré est dosé après filtration an moyen d'une liqueur titrée de permanganate de potassium.

1° *Mise en évidence d'un équilibre.* — La température étant maintenue constante ainsi que les concentrations des corps réagissants, des déterminations ont été faites après des temps croissants de demi-heure en demi-heure. La quantité d'acide oxalique régénéré demeure constante; il y a donc équilibre représenté par l'équation

$$C^2O^4Ca + SO^4H^2 \rightleftharpoons SO^4Ca + C^2O^4H^2.$$

2° *Influence de la température.* — Les concentrations en oxalate de calcium et acide sulfurique se correspondent et sont les mêmes dans toutes les déterminations. La température croissant, la quantité d'acide oxalique régénéré augmente d'abord, passe par un maximum à 30°, décroît jusqu'à un minimum vers 35°, pour croître de nouveau au delà de 35°. Ce mini-

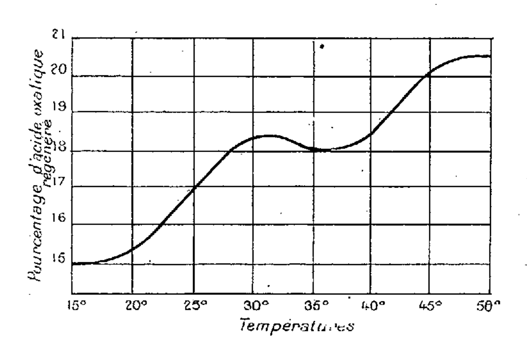


Fig. 1. — Influence de la température.

Concentration $\frac{1}{20} \cdot 1/8 \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$ en oxalate de calcium et acide sulfurique.

(¹) Séance du 10 novembre 1924.

mum est dû, semble-t-il, à l'existence d'un maximum de solubilité pour le sulfate de calcium (¹).

Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 1.

3° *Influence de la concentration en oxalate de calcium et acide sulfurique.* — La température restant constante, les concentrations en oxalate de

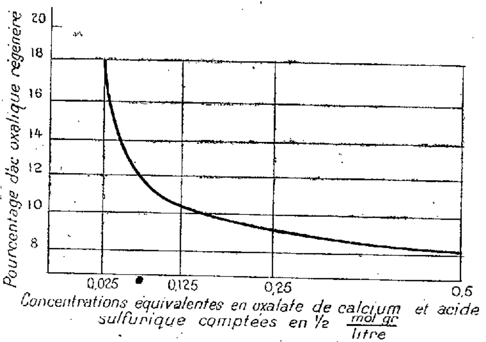


Fig. 2. — Influence de la concentration en oxalate de calcium et acide sulfurique.

calcium et acide sulfurique sont augmentées, tout en se correspondant. La quantité d'acide oxalique régénéré décroît régulièrement lorsque la concentration augmente.

Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 2.

4° *Influence d'un excès d'acide sulfurique.* — La température et la

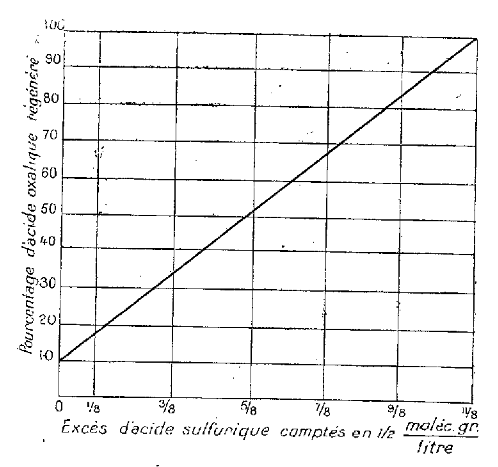


Fig. 3. — Influence d'un excès d'acide sulfurique.
Concentration en oxalate de calcium : $\frac{1}{8}\cdot 1/2 \frac{\text{mol-gr}}{\text{litre}}$.

concentration en oxalate de calcium, étant maintenues constantes, on aug-

(¹) Hulett et Allen, *Amer. Soc.*, t. 24, 1902, p. 667.

mente progressivement la concentration en acide sulfurique. Le pourcentage d'acide oxalique régénéré est sensiblement proportionnel à l'excès d'acide sulfurique.

Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 3.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption et cataphorèse.*

Note de M. **Claude Fromageot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente [1], nous avons étudié, comme pouvant contribuer à nous éclairer sur le mécanisme de la catalyse en milieu hétérogène, l'adsorption de différents acides organiques et de leurs sels de sodium par un charbon particulièrement actif comme catalyseur d'oxydation. La méthode que nous avons employée donne la quantité de ces substances retenue par le charbon, mais n'indique pas la forme sous laquelle elles sont retenues, ni la manière dont elles sont attirées à sa surface. Nous avons donc cherché, toujours en vue de l'étude de la catalyse, à connaître d'une façon plus précise le mode de liaison du corps adsorbé avec la surface du charbon, au moyen de l'étude de la cataphorèse de ce charbon, dans les solutions des acides organiques et de leurs sels de sodium dont l'adsorption est déjà connue, et dont l'oxydation fera l'objet d'une Note ultérieure.

Technique. — Le charbon utilisé a été décrit dans la Note précédente; par broyage dans un mortier d'agathe pendant cinq à six heures, on obtient une poudre assez fine pour rester plusieurs semaines en suspension dans l'eau. On ajoute quelques gouttes de cette suspension de charbon aux solutions étudiées; celles-ci sont à la concentration même qui a été déterminée précédemment lors de l'étude de l'adsorption de ces solutions.

La vitesse de cataphorèse est observée dans une cuve rectangulaire ouverte aux deux bouts, de $0^{mm},5$ d'épaisseur, placée sous un ultra-microscope, suivant la méthode que K. van der Grinten a appliquée aux suspensions fines de verre et aux colloïdes [2].

Résultats. — Le tableau ci-après donne la vitesse de cataphorèse des particules de charbon par rapport au liquide, dans les diverses solutions étudiées. Le signe + indique que le charbon se dirige vers le pôle positif;

(1) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 972.
(2) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 2083.

le rapport $\frac{\text{millimolécules adsorbées}}{\text{millimolécules non adsorbées}}$ est celui obtenu, sur un nombre total de 1,25 millimolécule, dans l'étude précédente de l'adsorption.

TABLEAU I.

Substances.	Concentration.	Millimolécules adsorbées / non adsorbées	PH.	[H•].	Vitesse des particules en μ : sec. et volt : cm.
Eau pure	»	»	6,50	$3,16.10^{-7}$	+5,2
Acide chlorhydrique	0^N^01	»	1,95	$1,12.10^{-2}$	±0,0
» »	0,004	»	2,40	$3,98.10^{-3}$	+1,6
» oxalique	0,00376	1,78	2,45	$3,55.10^{-3}$	+1,6
» pyruvique	0,00415	1,40	2,70	$2,00.10^{-3}$	+2,2
» formique	0,00735	0,36	2,95	$1,12.10^{-3}$	+2,2
» citrique	0,00200	3,17	3,20	$6,31.10^{-4}$	+2,8
» succinique	0,00360	1,78	3,45	$3,55.10^{-4}$	+3,1
» propionique	0,00490	1,05	3,50	$3,16.10^{-4}$	+3,4
» acétique	0,01000	0,106	3,65	$2,24.10^{-4}$	+3,1
Formiate de Na	0,01000	0,00	6,70	$2,00.10^{-7}$	+5,4
Oxalate de Na^2	0,00800	0,47	6,78	$1,60.10^{-7}$	+4,8
Acétate de Na	0,01000	0,00	7,00	$1,00.10^{-7}$	+5,2
Propionate de Na	0,00830	0,20	7,00	$1,00.10^{-7}$	+4,9
Citrate de Na^3	0,00330	0,00	7,12	$7,95.10^{-8}$	+5,1
Pyruvate de Na	0,00520	0,92	7,95	$1,12.10^{-8}$	+5,8

1° Ces chiffres montrent que dans tous les cas étudiés ici le charbon prend une charge négative : celle-ci ne s'annule que lorsque la concentration en ions H atteint $0^N,01$. Est-ce à dire que dans le cas actuel la charge du charbon soit difficile à renverser? Pour le savoir nous avons étudié la vitesse de cataphorèse dans des solutions du violet cristallisé ; nous avons obtenu les résultats suivants :

Concentration en chlorure de violet cristallisé.	Vitesse de cataphorèse en μ : sec et volt : cm.
N 0,0001	±0,00
0,0002	—1,5
0,0003	—2,0
0,0005	—3,1

Nous voyons ainsi que, dès une concentration $0^N,0002$, se produit un renversement de la charge du charbon qui devient alors positif. On peut interpréter ainsi ces différentes données : pour un nombre égal d'ions positifs « violet cristallisé » et d'ions H^+ adsorbés à la surface du charbon, il y a sur

cette même surface un nombre beaucoup moins grand d'ions OH — dans le cas du violet cristallisé que dans le cas des ions H, ceux-ci étant beaucoup plus petits que ceux-là ; c'est-à-dire que non seulement l'adsorption du violet cristallisé apporte des charges positives à la surface du charbon, mais encore elle y supprime un grand nombre de charges négatives.

2° La vitesse de cataphorèse diminue d'une façon très régulière quand la concentration en ions H augmente, et elle reste la même pour une même concentration en ions H, quel que soit l'acide organique de la solution.

L'adsorption des acides organiques étudiés ici n'a donc pas d'influence sur la vitesse de cataphorèse ; ceci s'applique aussi bien aux acides polyvalents (citrique, succinique) qu'aux acides monovalents (formique, acétique). Quant aux sels de sodium, toujours fortement ou même complètement dissociés, qu'ils soient adsorbés comme le pyruvate et le propionate, ou non adsorbés comme le citrate, leur action sur la vitesse de cataphorèse des particules n'est pas sensible.

Ces résultats conduisent dans le cas du charbon étudié ici aux conclusions suivantes :

1° Le fait que la vitesse de cataphorèse dépend uniquement de la proportion des ions H du milieu, et les très fortes différences qui existent entre l'adsorption des acides et l'adsorption de leurs sels, amènent à penser que les acides organiques ne sont pas adsorbés essentiellement sous forme d'ions, mais plutôt sous forme de molécules non dissociées.

2° Les corps retenus par le charbon sont bien adsorbés directement à sa surface, et non attirés sous forme d'ions négatifs, par un mécanisme de couche double, au voisinage des grains de charbon que l'on aurait pu supposer devenus positifs par adsorption d'ions H; ceci n'implique d'ailleurs pas que les forces qui produisent l'adsorption ne soient pas d'origine électrostatique, forces qui pourraient intervenir dans l'adsorption de molécules non dissociées possédant une polarité électrique (dipôles).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation des constituants de structure des charbons bitumineux.* Note (¹) de MM. **P. Lebeau** et **P. Marmasse**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Depuis les travaux de Mrs. M.-C. Stopes et R.-V. Wheeler (²), la désignation des quatre principaux constituants de structure des charbons bitumineux est ainsi fixée :

1° Le fusain est la matière d'aspect terne, assez friable, formée principalement de fibres ligneuses plus ou moins désagrégées.

2° Le durain, également terne mais beaucoup plus dur que le précédent, renferme un très grand nombre d'enveloppes de spores.

3° Le clairain, noir brillant, contient des tissus de tiges, des spores et parfois même des restes bien conservés de tiges ou de feuilles.

4° Le vitrain est caractérisé par son aspect plus brillant, sa cassure conchoïdale et son absence de structure cellulaire.

Il nous a paru intéressant d'appliquer la méthode de fractionnement des produits gazeux de la carbonisation, antérieurement décrite par l'un de nous (³), à ces éléments différenciés de charbons bitumineux.

Nous avons pu effectuer ce travail sur des échantillons déterminés par les soins de Mrs. M.-C. Stopes et R.-V. Wheeler.

Nous avons, en outre, examiné un échantillon de vitrain et un autre de durain provenant d'un charbon bitumineux de Bourbon-Saint-Hilaire remis par M. Guiselin.

Les volumes totaux des gaz recueillis au cours du fractionnement thermique depuis la température ordinaire jusqu'à 1000° sont les suivants :

Charbon de Parkgate Seam.

	Par tonne.
	m^3
Fusain	236,910
Durain	267,250
Clairain	294,020
Vitrain	329,500

(¹) Séance du 1er décembre 1924.

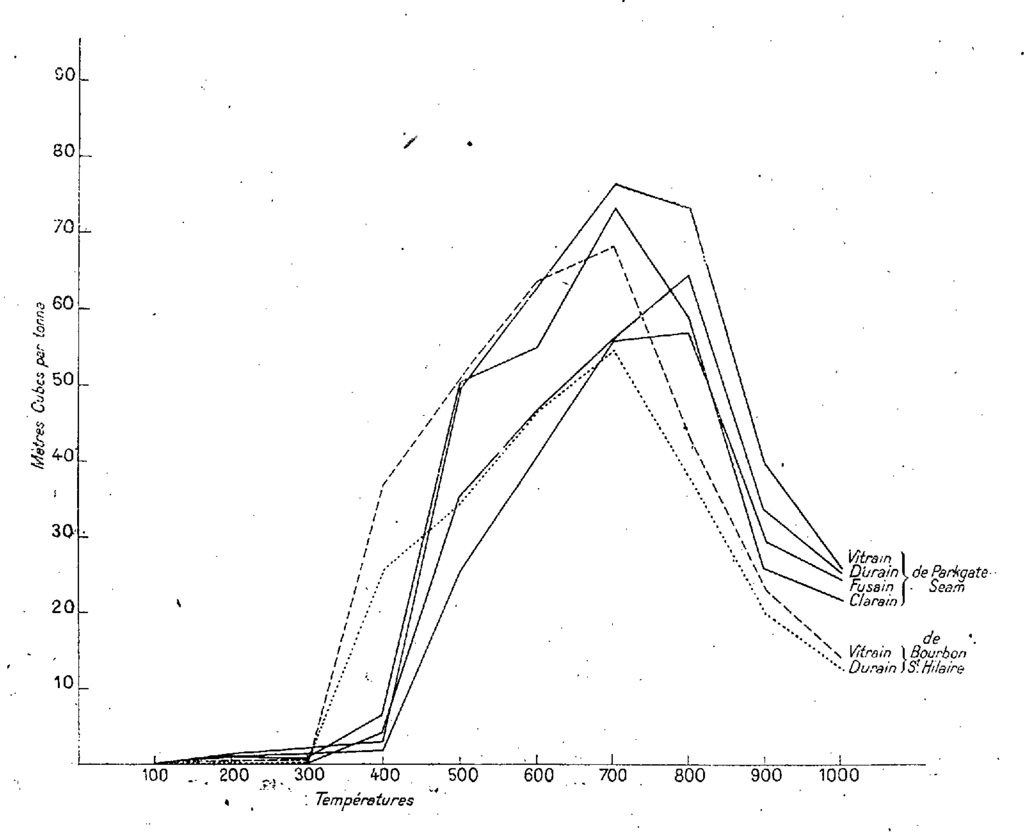
(²) M.-C. Stopes and R.-V. Wheeler, *Monograph on the constitution of Coal* (*Dép. Sc. Ind. Research*, Ph. I-III, 1918, p. 1-58). — M.-C. Stopes, *On Four Visible Ingredients in Banded Bituminous Coal. Studies in the composition of Coal* [*Proc. Roy. Soc.*, vol. 90, (B), 1919, p. 470].

(³) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 319.

Charbon de Bourbon-Saint-Hilaire.

Vitrain	299,450
Durain (17,9 pour 100 de cendres)	231,800

Les courbes ci-dessous figurent l'allure du dégagement gazeux.



Les constituants de ces mélanges gazeux ont été reconnus et dosés pour chaque température considérée. Ces déterminations conduisent aux remarques suivantes :

1° L'hydrogène a son maximum de dégagement à 800° pour le fusain, le durain et le vitrain de Parkgate Seam, alors que le maximum est à 700° pour le clairain de cette même origine et pour le durain et le vitrain de Bourbon-Saint-Hilaire.

2° Pour tous les constituants, sauf le fusain, le dégagement du méthane atteint son maximum à 500°. Dans ce dernier cas, ce maximum est nettement à 600°, ce qui est en accord avec une altération moins profonde des végétaux primitifs.

3° Pour l'oxyde de carbone, le dégagement a toujours son maximum à 700°.

Les compositions centésimales des gaz totaux dégagés jusqu'à 1000° sont données dans le tableau suivant :

Composition centésimale des gaz dégagés jusqu'à 1000°.

	Charbon de Parkgate Seam.				Charbon de Bourbon St-Hilaire.	
	Vitrain.	Clairain.	Durain.	Fusain.	Vitrain.	Durain.
Hydrogène	66,00	65,60	70,00	68,80	60,11	67,73
Méthane	23,10	19,9	16,10	16,23	24,70	16,65
Éthane propane	2,90	2,54	3,10	1,75	2,72	2,92
C. Éthyléniques	0,80	0,99	1,20	0,83	1,02	1,22
Oxyde de carbone	4,70	5,80	4,90	5,50	8,70	10,00
Anhydride carbonique	1,05	1,18	1,20	3,15	0,94	1,21
Hydrogène sulfuré	0,60	1,42	2,40	0,00	0,28	0,23
Azote	1,50			2,19		
Indéterminés	1,01	2,50	0,70	1,55	0,03	0,04

Les produits gazeux provenant de la carbonisation de ces divers constituants des charbons bitumineux diffèrent peu les uns des autres et ils restent comparables à ceux qui résultent directement de la carbonisation des houilles. Il faut toutefois en excepter les gaz des deux vitrains examinés qui contiennent une proportion nettement plus élevée de méthane. Ces deux mélanges gazeux sont d'ailleurs eux-mêmes assez différents et il est vraisemblable que les constituants du type vitrain doivent présenter dans leur composition d'assez grandes divergences. Ce sont en effet les parties des houilles qui ont passé par une liquéfaction entraînant, comme conséquence, les phénomènes de solubilité par contact avec les éléments voisins : phénomènes dont l'effet a en outre pu varier sous l'influence de facteurs tels que la température, la pression, la durée de contact.

GÉOLOGIE. — *Les formations quaternaires de la Syrte mineure.* Note de M. G. Seurat.

Formations continentales. — I. La formation quaternaire la plus ancienne et la plus répandue dans la zone littorale du sud-tunisien est une carapace peu épaisse (0^{m},50 environ) d'origine continentale, formée d'un grès argilo-calcaire de couleur saumon; ce grès contient une proportion énorme de

calcaire, $72^g,7$ pour 100, des traces d'argiles, $1^g,6$ et laisse comme résidu, après l'attaque par les acides, un sable extrêmement fin, de couleur saumon rougeâtre et quelques grains de sable blanc pur.

Cette carapace, très dure, est très abondamment représentée à l'intérieur de l'île Djerba, à la profondeur de 1^m environ; elle est exploitée pour empierrer les routes et comme pierre à chaux à El Bazim (route d'Houmt Souk à Houmt Adjim); on y trouve de nombreux Pulmonès : *Xerophila* sp., *Albea candidissima* Drpd., *Archelix constantinæ* Forbes, espèce dominante ([1]).

Nous avons observé ce même grès argilo-calcaire à l'îlot Cattaya du Nord (canal d'Adjim) et, sur le littoral continental, à Sfax (*Albea candidissima*) dans la grande île Keneiss du banc des Surkennis, à la Skira (*Albea candidissima*) ,à Bou Grara (ancienne Gightis) et à Zarzis (*Xerophila* sp., *Albea candidissima*, *Archelix constantinæ*).

A l'époque de la formation de cette carapace, l'île Keneiss, les îlots Keneiss et la grande île Djerba étaient rattachés au continent.

II. La monotonie des côtes de la petite Syrte est rompue en deux places, d'une part de la péninsule de Khédime jusqu'à la Sebkhra Oum-el-Gramm, au delà de la Skira et du Nador; d'autre part de Tarf-el-Djorf, en face l'île Djerba, jusqu'à Hassi Chérif, dans la petite mer de Bou Grara (Bahiret Bou Grara), par l'existence de hautes falaises abruptes formées de marnes gypseuses sur lesquelles Pomel a attiré l'attention (1884). Les fossiles sont extrêmement rares.

Pomel cite l'*Albea candidissima;* j'ai trouvé l'*Archelix constantinæ* à la pointe de Khédime, mais les marnes de Tarf-el-Djorf, très gypsifères, ne m'ont montré aucune trace d'être organisé.

La tranchée récemment ouverte dans ses falaises pour la route de l'appontement de Tarf-el-Djorf à Médenine permet d'y observer des traces de ruissellement : un lit de torrent, avec cailloux roulés, coupe obliquement la route; on peut faire la même constatation dans les ravins de la falaise de Bou-Grara. L'existence, dans ces marnes, de cailloux roulés et de galets formés par le grès argilo-calcaire à Hélices indique qu'elles sont postérieures à la formation de la carapace continentale.

Formations marines. — III. La falaise de marnes gypseuses qui forme le littoral occidental de la mer de Bou Grara et la rive méridionale du canal d'Adjim s'abaisse en pente douce vers l'Ouest et disparaît à Tarf-el-Djorf sous un poudingue marin à éléments parfois gros comme le poing; ces galets, le plus souvent de la grosseur d'une noisette, sont constitués par le

([1]) Déterminations de M. Pallary.

grès argilo-calcaire de la carapace continentale. On trouve dans ce poudingue de nombreux fossiles appartenant à des espèces qui vivent actuellement sur le littoral du Golfe de Gabès : *Murex trunculus* L., *Trochocochlea turbiformis* v. Salis, *Cerithium vulgatum* Brug., *Natica (Neverita) josephinia* Risso, *Conus mediterraneus* Brug., *Cardium edule* var. *lamarcki* Reeve, *Ostrea lamellosa* Brocchi, v. *minor*, *Chama gryphina* Lamk., *Venericardia antiquata* L., *Dosinia lupinus* Poli.

La même formation littorale s'observe, mais avec des galets plus petits, à Houmt Adjim (*Conus mediterraneus*, *Murex trunculus*, *Natica josephinia*, *Natica (Nacca) hebræa* Martyn, *Cardium edule* v. *umbonata* S. Wood, *Tellina incarnata* L., *Pectunculus violacescens* Lamk., *Venericardia antiquata*, à Bordj Djellidj (pointe NW de Djerba, poudingue à gros éléments), à l'îlot Cattaya du Nord et dans la crique de Gourine (poudingue très dur, à galets de la grosseur d'une noisette, avec *Cerithium vulgatum*, *C. edule* v. *lamarcki*).

Ce poudingue passe rapidement à un grès calcaire tendre répandu sur le littoral sud tunisien et exploité partout comme pierre à bâtir; le grès calcaire d'Houmt Souk contient 32 pour 100 de calcaire et 68 de silice (sable blanc).

Ce grès affleure notamment à Adjim où il forme un plateau d'une épaisseur d'un mètre et d'une largeur de quelques centaines de mètres, à Houmt Souk, à Bordj Djellidj, à Aghir; il constitue les entablements peu élevés des îlots Keneiss, de la côte des Akara (Zarzis) et des îlots des Bidan. Les fossiles y sont fréquents : *Conus mediterraneus*, *Cerithium vulgatum*, *Murex trunculus*, *Natica josephinia*, *Cardium edule* v. *lamarcki*, *Cardium tuberculatum* L., *Fragilia fragilis* L., *Loripes lacteus* L., *Dentalium dentalis* L. dans le grès d'Adjim; *Pectunculus violacescens*, espèce dominante, *Cardium tuberculatum*, *Cardium edule*, grès calcaire d'Houmt Souk; *Cardium edule* v. *altior* B. D. D., *Cerithium vulgatum*, *Tellina planata* L., *Tapes decursatus* L., grès calcaire tendre de Cattaya du Sud.

La formation de ces grès correspond à une large invasion marine de la région.

Formations continentales subactuelles. — IV. L'examen de la côte septentrionale de Djerba, en particulier des falaises peu élevées sur lesquelles est établi le marabout de Sidi Salem et du plateau d'Houmt Souk, permet d'observer les formations continentales subactuelles.

Sur le grès à Pectoncles reposent des sables marneux à *Archelix constantinæ* Forbes, *Xerophila psammathæa* L. B., *Pomatiella nucula* Parreys, *Xerophila mocquerysi* Pall. var., couronnés d'un grès calcaire très tendre, à éléments de sable

blanc pur, à *Pomatiella nucula*, *Xerophila psammathœa* et *Archelix constantinæ* (un individu de cette dernière espèce a conservé des bandes brun clair).

Ce grès friable, qui n'est autre qu'une dune consolidée, se retrouve sur le plateau d'Houmt Souk, avec les mêmes fossiles et, en outre, *Loripes lacteus* (individu jeune), à Tarf-el-Djorf (*Donax semistriata* Poli), au village de Zarzis (altitude 11^{m}), à Jaffar-el-Meslini, un des îlots qui ferment à l'Ouest la petite mer des Biban (grès calcaire tendre à *Xerophila psammathœa* et *Xerophila mocquerysi* recouvrant un sable marneux à *Archelix contantinæ*, *Pomatiella nucula* et *Xerophila mocquerysi*, espèce dominante).

Les grès tendres qui couronnent le massif de marnes gypseuses et de grès calcaire marin de la pointe de Khédime, dans lesquels je n'ai pas trouvé de fossiles, sont également des dunes consolidées.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de granites dans les vallées de Baztan et de Bertizarana (Haute-Bidassoa) et leur signification tectonique.* Note (1) de M. **Pierre Lamare.**

On ne connaissait jusqu'à présent, en Navarre, d'autres granites que ceux du massif de la Haya et hauteurs voisines, granites dont la mise en place semble se rattacher à la phase ayant immédiatement précédé la surrection de la chaîne hercynienne.

Au cours de recherches effectuées dans la zone de terrains secondaires située au sud de la partie de la Bidassoa comprise entre Santesteban et Elizondo, c'est-à-dire à une vingtaine de kilomètres au SSE de la Haya, j'ai trouvé quelques petits affleurements de roches granitiques plus ou moins écrasées.

Le type le moins déformé s'observe à Igurin, près Doñamaria : le gisement, difficilement accessible, semble avoir la forme d'une étroite lentille d'environ 500^{m} de longueur sur une vingtaine de mètres d'épaisseur; cette lentille, orientée EW, touche à son extrémité occidentale le hameau d'Igurin. La roche est une pegmatite à peu près dépourvue d'éléments colorés. Les cristaux de quartz et de feldspaths sont fragmentés et tordus. Le feldspath dominant paraît plus voisin de l'oligoclase que de l'albite; on trouve en outre un peu de microcline, mais pas d'orthose.

Cette pegmatite est incluse dans de l'ophite : il est certain qu'elle n'y est pas à l'état de filon.

A 2^{km} à l'Est se rencontre une autre lentille, celle-ci plus importante,

(1) Séance du 8 décembre 1924.

plus facilement observable, et constituée par une roche beaucoup plus écrasée. Dans certains échantillons, on peut encore reconnaître quelques fragments de quartz et de microcline; dans d'autres, on ne trouve que quelques cristaux de néoformation, albite notamment, noyée dans une purée où aucun élément n'est identifiable. Une telle roche peut donc être rapportée aux mylonites, *sensu stricto*. Elle est en gisement dans un complexe curieux, vaste zone, de broyage qu'on peut aisément étudier grâce aux coupures profondes des torrents Ceberia et Marin, affluents sud de la Bidassoa. Cette zone, de 1^{km} environ d'épaisseur, est formée d'une série d'écailles et de lames toutes orientées E-W et comprenant les terrains les plus divers : schistes primaires, grès et poudingues permotriasiques, argiles bariolées, cargneules et ophites, calcaires jurassiques et crétacés fossilifères, grès, crétacés et enfin marbre. Aucune superposition normale ne s'observe dans cette série qui est partout chaotique : la seule disposition à peu près régulière est celle du pendage des écailles, qui reste toujours sud à environ 45°. Au Nord, ces couches s'appuient sur une bande de flysch crétacé qui plonge sous elles; au Sud, elles sont recouvertes par une nappe essentiellement formée de marbres d'âges divers. L'affleurement de granite mylonitique comprend une lentille d'une cinquantaine de mètres de puissance maximum, se dédoublant à la base en une autre lentille plus petite, séparée de la première par quelques mètres de schistes primaires. La lentille principale repose sur des marbres sans qu'au contact on puisse relever la moindre trace de métamorphisme granitique : il ne s'agit évidemment là que d'un contact tectonique.

A 200^m environ au-dessus du thalweg, la lentille se termine en biseau entre les marbres et les schistes primaires : elle ne semble pas passer dans la vallée du Marin, parallèle à celle du Ceberia et située à 2^{km} à l'Est. Les calcaires jurassiques et crétacés, ainsi que les grès, disparaissent également par étirement.

Par contre, l'ophite et les schistes primaires acquièrent une puissance plus considérable. Plus à l'Est encore, le lambeau de schistes primaires est étiré à son tour, si bien bien qu'aux environs des villages d'Aniz et de Ciga il ne reste plus que l'ophite pour jalonner le contact anormal séparant le flysch de la nappe supérieure formée de marbres. Cette ophite d'ailleurs est bréchiforme et renferme çà et là des petits fragments de grès permotriasiques, schistes primaires, cargneules, gypse, argiles bariolées, etc.

A 2^{km} au Nord-Est, près d'Irurita, la zone des écailles reprend brusquement son ampleur primitive; en même temps le flysch se réduit peu à peu

et disparaît au flanc du monte Irular, à 700^{m} au nord-ouest d'Irurita, sous la zone des écailles et les massifs chevauchants du sud : il ne se montre plus jusqu'à la frontière. Peut-être pourrait-on considérer comme une réapparition de cette même bande le lambeau qui sort de sous le Primaire au sud de Saint-Jean-Pied-de-Port.

Aux environs d'Irurita, la zone des écailles comprend des calcaires et des schistes dévoniens, des argiles bariolées, des cargneules et de l'ophite, ainsi qu'une autre lentille de granite dont la partie visible n'a que quelques mètres. Ce granite, également très écrasé, paraît dériver d'un type plus riche en mica que les types précédemment étudiés.

Comment peut-on interpréter la présence de lentilles de granite mylonitique dans une zone de broyage surtout formée de terrains secondaires ?

On ne connaît dans le Pays basque que deux massifs de roches granitiques : massif de la Haya et massif du Labourd. Or les travaux de MM. P. Termier, L. Bertrand et P. Viennot (1) ainsi que de moi-même ne laissaient subsister aucun doute sur l'origine charriée de l'une et l'autre de ces unités.

Tous les faits constatés portaient à croire que les racines des nappes devaient se trouver au Sud. Cependant, contre cette manière de voir, on avait élevé une objection : la partie axiale de la chaîne pyrénéenne dans la région considérée, c'est-à-dire les crêtes navaraises, étaient formées de couches jurassiques et crétacées dans lesquelles on n'avait jamais rencontré de granite.

La question semble maintenant tranchée : les lentilles de granite ci-dessus décrites s'égrènent le long d'un contact anormal et représentent très probablement la liaison des racines toutes proches avec les unités tectoniques situées plus loin vers le Nord. Quant aux racines mêmes, elles sont cachées par la nappe supérieure formée de marbres.

Doit-on rapprocher les granites de la Haute-Bidassoa des granites de la Haya ou des types pegmatiques du Labourd ? Il est difficile de préciser, en raison de l'état mylonitique des roches. Tout ce qu'on peut affirmer est

---

(1) P. Termier et L. Bertrand, *Sur la tectonique du Pays basque français* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 910-924). — P. Viennot, *La nappe du Labourd, pays basque français* (*Ibid.*, t. 176, 1923, p. 1234). — P. Lamare, *Sur quelques particularités de la structure du Pays basque espagnol et sur le caractère tectonique de la région* (*B. S. G. F.*, 4e série, t. 23, 1923, p. 185-192).

que seules les pegmatites du Labourd présentent des parties aussi franchement mylonitiques [1].

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie du Plateau d'Aigurande (Indre) et sur les dislocations des environs de Néris (Allier).* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

Je désigne sous le nom de Plateau d'Aigurande ce grand compartiment du Massif Central qui, au nord de la chaîne de granulite de Toulx-Sainte-Croix, s'étend de l'Est à l'Ouest, de la vallée du Cher jusque vers la Trimouille (Haute-Vienne).

M. de Launay a signalé, autrefois [2], l'existence sur ce plateau de deux affleurements très restreints, l'un à Boussac-les-Églises, et l'autre à Falconnet, à l'ouest d'Huriel, d'une sorte de brèche à fragments et galets de micaschistes, roche qu'il a rattachée « très hypothétiquement », suivant son expression, aux grès du Culm.

Je n'ai pu, dans ma campagne de cette année, visiter l'affleurement de Falconnet, situé sur la voie ferrée et invisible ailleurs, mais seulement celui de Boussac. J'ai constaté que la roche signalée par M. de Launay est une mylonite bien caractérisée; elle sert de fondation à l'église. *J'ai aussi constaté que cette roche appartient à une zone de fracture en grande partie formée de gneiss*, orientée à peu près ENE-WSW et dont la largeur est au moins de 500^{m}. Faute de temps, je n'ai exploré cet accident que sur 25^{km} environ de longueur, depuis Leyrat, à l'est de Boussac, jusqu'au pont du Gat, sur la route nationale de Guéret à La Châtre. La longueur totale de la zone, laquelle doit traverser tout le Plateau d'Aigurande, peut être estimée à 80 ou 100^{km}.

Les roches qui la composent, disloquées, laminées ou écrasées, s'observent, dans la région que j'ai étudiée, notamment aux environs des deux Boussac, au pont de la Planche, près de Boussac-Ville, à la Rairie, à Malleret, et aux Boissières, près de Saint-Dizier-les-Domaines, où la roche

(1) L. Bertrand, *Sur le contact des massifs primaires du Labourd et du Baygoura, à Louhossoa (Basses-Pyrénées)* (*C. R. somm. S. G. F.*, janvier 1919, p. 15-16). — P. Lamare, *Sur le massif ancien du Labourd (Basses-Pyrénées)* (*Ibid.*, 2 mai 1921, p. 122-123).

(2) *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 3e série, t. 16, 1888, p. 1079 et 1087.

triturée a été attribuée par Mallard [1] au « terrain de transition ». Au pont du Gat, la route nationale traverse en biais, sur une grande longueur, la zone de dislocation.

Dans la région explorée, la zone sépare des terrains de nature différente. Au Nord, occupant la majeure partie du Plateau d'Aigurande, ce sont des micaschistes et des gneiss quartzeux à grain fin, en petits bancs ou en minces plaquettes, déjà décrits par M. de Launay [2]. Ces roches sont très différentes des gneiss normaux, plus ou moins granitiques, qui s'étendent au sud de la zone, sur une largeur d'environ 4^{km}. Ceux-ci sont traversés à Huriel, à Saint-Dizier-les-Domaines, à Chatelus-Malvaleix, au Bourg d'Hem, par d'épaisses séries d'amphibolites qu'on ne retrouve pas au nord de la zone.

Le prolongement général, tant des gneiss que des schistes, aux abords de la zone, est très prononcé et dirigé vers le Sud, de sorte que ces diverses roches semblent passer sous la chaîne granulitique de Toulx-Sainte-Croix. Le Plateau d'Aigurande se trouve donc divisé, par l'accident que je signale, en deux compartiments bien distincts, dont la limite commune n'est pas très différente de la limite des gneiss et des micaschistes, telle qu'elle est figurée sur la feuille géologique de Montluçon.

Il est probable qu'il faut rattacher à la zone de Boussac des roches avec « poudingues » que Mallard [3] a observées à Colondanne et sur le chemin des Valettes au Ris (à 30^{km} à l'ouest du Pont du Gat) et qu'il a rapportées au « terrain de transition ». En fait, j'ai constaté qu'au Ris et à la Villatte, sur le chemin des Valettes, l'existence de granulites très laminées, qui contiennent par place des parties écrasées. J'ajouterai que, encore plus loin à l'Ouest, la route de Saint-Léger-Bridereix à Nothe traverse, entre le Moulin de Saint-Léger et la Fresse, les mêmes granulites laminées, particulièrement disloquées à la Fresse, en pleine chaîne granulitique.

A l'est de Boussac et de Leyrat, la zone de dislocation, au lieu d'empiéter sur la chaîne de granulites, s'en éloigne, et si sa direction ne se modifie pas, elle passerait, non par l'affleurement mylonitique de Falconet, mais par la Chapelaude. Dans tous les cas, elle vient, sans doute, buter à la vallée du Cher, contre le massif d'Hérisson, en grande partie granitique. Peut-

---

(1) MALLARD, *Journal de voyage* (1857-1860), p. 22; *Bull. Soc. des Sc. nat. de la Creuse*, t. 22, 1922, p. 1.

(2) *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 3e série, t. 16, 1888, p. 1050.

(3) MALLARD, *Op. cit.*, p. 43.

être là, par un accident du genre de celui que j'ai constaté, cette année [1], à Bourganeuf, se rattache-t-elle à une importante dislocation, bien visible au sud-est de Montluçon, et dont je n'ai encore déterminé ni l'étendue ni même la direction.

Il y a peu d'années, M. de Launay [2] a signalé des affleurements de mylonites dans les environs de Néris, à Sainte-Agathe, à Pérassier, à Cerclier, à Landier. J'ai eu l'occasion de visiter rapidement ces différents points, où la roche disloquée a parfois été confondue avec celle du terrain houiller, *et j'ai constaté que les affleurements en question ne sont pas des affleurements isolés, mais qu'ils appartiennent à une puissante zone de fracture*, sur laquelle serait assis, en partie, le bassin houiller de Commentry, et que traverse la ligne ferrée, actuellement en construction, de Montluçon à Goutières.

Les profondes tranchées de cette ligne, ouvertes dans des gneiss et des granites traversées de filons de porphyre, offrent, entre Montluçon et Néris, la plus belle coupe que l'on puisse observer, dans les terrains cristallins de l'ouest du Massif Central, d'une zone de dislocation typique. Cette coupe, qui mérite de deveuir classique, met en lumière, avec une netteté incomparablement plus grande, les caractères que, par le seul examen de la surface du sol, j'avais pu discerner dans la zone de dislocation de Glénic et d'Ajain [3]. Dans les talus de déblais de la voie ferrée, dont la hauteur atteint parfois 10^{m} sur l'axe, les mylonites apparaissent étroitement localisées, et remplissent, à la manière d'un ciment, les interstices compris entre les gros blocs résistants et apparemment intacts, de la masse générale disloquée. On peut ainsi se convaincre que l'existence d'une zone de dislocation n'est pas nécessairement liée à la continuité de roches écrasées. Celles-ci peuvent ne constituer que des amas des lentilles plus ou moins grandes, des veines ou des lits, au sein de la zone de dislocation, dont les autres parties peuvent être brisées, mais n'ont pas subi, en apparence du moins, de déformations.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1176.
(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1913, p. 1434.
(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 401.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de l'*Elephas planifrons *et de trois mutations de l'*Elephas antiquus *dans les couches géologiques de Roumanie.* Note [1] de M. **Sabba Stefanescu**.

A l'exception de Maria Pavlow [2] qui a rapporté à l'*Elephas* af. *planifrons* une molaire qu'elle a reçue de Ferladany (Fărladeni) en Bessarabie, personne à ma connaissance n'a indiqué jusqu'à présent cette espèce dans les couches géologiques de Roumanie. Or plusieurs molaires et quelques moitiés de mandibules d'éléphants de ma collection présentent des caractères qui rappellent de très près ceux de l'*Elephas planifrons*. Par conséquent, je puis affirmer que cette espèce est non seulement représentée mais qu'elle est l'une des plus répandues dans les couches pliocènes et pléistocènes de notre pays. Mais n'ayant pas recueilli moi-même ces fossiles, il me paraît hasardeux de préciser leur âge géologique. Je me contenterai donc de les étudier strictement au point de vue zoologique, en indiquant les principales localités d'où elles proviennent, à savoir : les villages Balanoaïa et Fratesti, district de Vlasca, Vasilatzi (Vâlcea), Câlnau (Buzau) et Colintina dans les environs de Bucarest (Ilfov).

D'autre part, vu la grande variabilité des caractères spécifiques de l'*Elephas planifrons*, il est absolument nécessaire de reviser ces caractères afin de conclure, s'il y a lieu, à l'existence d'une seule ou de plusieurs mutations, ou même à l'existence d'une seule ou de plusieurs espèces, confondues ensemble par les paléontologistes qui m'ont précédé. Dans ce but je pratiquerai *ma méthode de recherches basée sur l'organisation des lames isolées des molaires*, méthode naturelle qui tout récemment m'a permis de reconnaître que la molaire provenant de Tulucesti (Covurlui) et rapportée par Sava Athanasiu [3] à l'*Elephas* cf. *meridionalis*, doit être attribuée à une mutation ancestrale de l'*Elephas antiquus*, que j'ai dénommée *rumanus*.

Je n'insiste pas pour le moment sur les caractères de cette mutation qui, à mon avis, est la plus rapprochée de l'origine mastodontide de l'espèce *antiquus*. J'ajoute seulement que la mutation *ausonius* de l'Italie lui succède

---

(1) Séance du 8 décembre 1924.
(2) *Les éléphants fossiles de la Russie*, 1910.
(3) *Mamifere pliocene de la Tulucesti, districtul Covurlui*, 1915.

et que la mutation de Weimar et Taubach (Allemagne), que je désigne sous le nom *germanicus*, est la plus récente.

Toutes ces trois mutations ont été trouvées en Roumanie : *rumanus* à Tulucesti (Covurlui), *ausonius* à Colintina (Ilfov), *germanicus* à Tânganu (Ilfov).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine dans le* Baillonia spicata *H. Bn. et sur les produits de dédoublement de ce glucoside.* Note (¹) de M. **H. Hérissey**, présentée par M. Guignard.

Le *Baillonia spicata* H. Bn. est un arbuste qui, décrit d'abord sous le nom de *Ligustrum spicatum* par Jacques (²) et classé comme tel dans la famille des Oléacées, a été ensuite rangé dans les Verbénacées sous le nom de *Lippia ligustrifolia* (³), puis rattaché par Baillon (⁴) au genre *Baillonia* créé par H. Bocquillon (⁵).

Dans le présent travail, j'ai utilisé comme matière première, à l'état frais, 2660^g de jeunes rameaux feuillus de *B. spicata*, provenant de la Villa Thuret, à Antibes; 410^g de ces rameaux avaient été récoltés dans le milieu de décembre 1921, le reste à la mi-novembre 1922; il ne m'a pas été possible, jusqu'à présent, de me procurer une plus grande quantité de cette plante.

La plante fraîche, traitée par l'alcool bouillant, a fourni un extrait qui a été repris par l'eau, de telle sorte que 100$^{cm^3}$ de liqueur aqueuse correspondaient à 100^g de produit initial; cette solution, traitée par l'émulsine, a subi un changement de sa rotation polarimétrique se traduisant par un retour de 11°4′ ($l = 2$) vers la droite, en même temps qu'on y constatait la formation de 2^g,6878 de sucre réducteur, exprimé en glucose, pour 100$^{cm^3}$. Cette observation démontrait nettement la présence en quantité notable, dans le *Baillonia spicata*, d'un ou de plusieurs principes glucosidiques dédoublables par l'émulsine.

L'extraction d'un tel glucoside, à l'état pur, ayant été tentée en vain, j'ai

---

(¹) Séance du 8 décembre 1924.

(²) *Revue horticole*, 1863, p. 339.

(³) Thuret, *ex Decne in Fl. des Serres*, t. 22, 1877, p. 11; d'après *Index kewensis*, t. 3, 1894, p. 81.

(⁴) *Bull. Soc. Linnéenne*, Paris, t. 2, 1890, p. 880.

(⁵) *Adansonia*, t. 2, 1861-1862, p. 251 et planche VII.

été amené, à la suite d'observations dont le détail sera donné ailleurs, à poursuivre l'obtention des produits de dédoublement de ce glucoside. Ce dernier, mélangé d'impuretés, était retiré des extraits primitifs au moyen de l'éther acétique; les liqueurs éthéro-acétiques étaient évaporées et le résidu, repris par l'eau, était soumis à l'action de l'émulsine. On obtenait ainsi des mélanges fermentaires constitués par une liqueur limpide surnageant un précipité coloré en brun et visqueux.

La liqueur a fourni le sucre résultant du dédoublement du glucoside; ce sucre a été identifié au glucose d ($[\alpha]_D = +52°,37$).

Quant au précipité, j'ai pu, par des traitements appropriés, en extraire un autre produit d'hydrolyse que je désigne sous le nom de *baillonigénol;* le glucoside correspondant, s'il vient à être isolé, devra s'appeler, par suite, le *baillonioside*.

Propriétés du baillonigénol. — Ce corps se présente sous formes de longues aiguilles prismatiques, enchevêtrées, très légères, incolores. Il cristallise anhydre. L'odeur et la saveur sont nulles.

La fusion instantanée, au bloc, s'observe à 185-186°.

Le baillonigénol est très peu soluble dans l'eau (moins de 0,50 pour 1000), assez soluble dans l'alcool à 95°, très peu soluble dans l'éther, soluble dans l'acide acétique cristallisable, d'où l'addition d'eau le précipite à l'état cristallisé.

Le baillonigénol est doué du pouvoir rotatoire; en solution dans l'alcool à 90°,

$$[\alpha] = -36°,37;$$

la solution alcoolique devient dextrogyre par addition de soude.

Le baillonigénol ne décompose pas le bicarbonate et le carbonate neutre de sodium; il est soluble dans la lessive de soude étendue, en donnant une liqueur jaune. L'addition d'un acide à cette dernière n'en précipite pas le corps primitif, mais un corps de nature acide fondant vers 131°. Il faut donc incontestablement attribuer une fonction lactone au baillonigénol.

Trois analyses effectuées sur ce composé, qui n'est pas azoté, ont donné les résultats suivants, pour 100 : carbone, 63,56, 62,69, 63,57; hydrogène, 5,72, 5,88, 5,89.

En résumé, il existe dans le *Baillonia spicata* H. Bn. un glucoside hydrolysable par l'émulsine dont la présence, révélée par la méthode biochimique, a été confirmée par l'obtention, à l'état pur et cristallisé, de deux produits résultant de son dédoublement, le glucose d et le baillonigénol. Ce dernier est un composé lactonique, dès maintenant bien caractérisé par les propriétés qui en sont données dans le présent travail.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les conditions de stabilisation de l'iode chez les* L. flexicaulis. Note [1] de M. P. **Freundler**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons établi [2] que la teneur en iode dosable du *L. flexicaulis* subit généralement un accroissement lorsque l'on conserve les algues pendant quelque temps, à l'abri de tout apport extérieur; la vitesse avec laquelle cet accroissement se produit dépend de la température, du milieu (P_H et concentration saline) et du mode de sectionnement (maintien ou séparation de la zone stipofrondale d'avec le tissu considéré). Ces constatations ont été soumises à de nouvelles vérifications dont les résultats numériques seront publiés dans un Mémoire d'ensemble.

Nous avons réussi, d'autre part, à stabiliser de trois façons différentes la teneur initiale en iode de ces algues, à savoir : en augmentant la concentration saline, en chauffant brutalement les tissus en vase clos à 110° et en les desséchant complètement à 105°.

1° *Stabilisation par augmentation de la concentration saline.* — Les échantillons, sectionnés et pesés deux heures après la récolte, sont enfermés dans des bocaux à bouchon rodé qu'on remplit jusqu'à affleurement d'eau de mer additionnée de 6 pour 100 de KCl. Liquide et tissus sont ensuite analysés à des époques plus ou moins éloignées; les taux d'iode obtenus dans ces conditions sont pratiquement constants.

Voici, à titre d'exemple, des chiffres qui se rapportent à des stipes récoltés le 17 mai 1923 et conservés avec leur zone stipofrondale. Au-dessous sont inscrites les teneurs d'échantillons identiques, immergés pendant le même temps dans du bisulfite de chaux et analysés respectivement aux mêmes dates. La détermination du taux initial avait donné 0,295.

Dates des analyses		27 mai.	3 juin.	17 juin.
Teneur en iode pour 100 des tissus secs.	Saumure..	0,35	0,34	0,36
	Bisulfite...	0,71	0,81	0,88

2° *Stabilisation par chauffage brutal à 110°.* — Les échantillons frais (stipes fendus longitudinalement ou lanières enroulées) sont introduits dans des tubes tarés en verre pyrex qu'on scelle aussitôt. Ces tubes sont alors plongés et maintenus pendant une demi-heure dans une solution saline chauffée au préalable à 110°. Des tubes témoins, préparés avec des échantillons identiques, ont été conservés tels quels. Les uns et les autres ont été analysés au bout de deux mois par combustion dans un cou-

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 515 et 1625.

rant d'oxygène et en présence d'amiante platinée et de toile d'argent ([1]). Les chiffres ci-dessous se rapportent à des stipes récoltés en septembre 1923.

	Iode pour 100.
Tubes chauffés	0,40
Tubes non chauffés	0,84

Le taux initial déterminé par incinération sur des stipes séchés à l'étuve était 0,43. D'autres expériences ont été faites en chauffant les tubes à 80° seulement; dans ces conditions, l'accroissement de l'iode dosable est accéléré.

3° *Stabilisation par dessiccation à 105°.* — Les tissus frais de *L. flexicaulis* conservent leur taux initial lorsqu'on les sèche à l'étuve à 105°, surtout lorsque l'opération est conduite rapidement; ce taux s'est maintenu dans des algues conservées plusieurs mois. Il ne s'agit pas ici d'une perte d'iode par volatilisation; en effet, si l'on traite l'un des échantillons par de l'eau de mer additionnée de 2 pour 100 de fluorure de sodium, réactif qui accélère l'accroissement de l'iode, et si, après un mois de contact à froid, on dose l'iode par le procédé habituel, on obtient un chiffre qui correspond à peu près au taux maximum (0,71 au lieu de 0,74).

Cette dernière expérience exclut l'hypothèse d'une intervention diastasique *directe* sur le phénomène d'accroissement de l'iode, hypothèse qui semblait résulter des observations rappelées au début de cette Note. Nous pensons plutôt que le maintien du taux initial bas est lié à la conservation ou à la coagulation de la matière protoplasmique; l'accroissement se produirait au cours de l'hydrolyse de cette dernière, hydrolyse réalisable spontanément par les diastases de l'algue, artificiellement par le fluorure de sodium ([2]).

L'étude photochimique de l'iodure stanneux ([3]) nous a donné l'occasion d'observer une action stabilisatrice de l'azote organique, que nous pensons n'être pas sans relation avec les phénomènes qui se passent dans les algues : une goutte de pyridine empêche la transformation du produit potassique jaune en produit rouge par la lumière ou la chaleur; elle empêche aussi la formation du produit sodique rouge par addition d'iodure de sodium au corps jaune obtenu en présence d'un excès de chlorure stanneux. Les mêmes effets sont produits par les pyrrols qui se forment dans la distillation avec la chaux à 300° de la cellulose azotée des algues ([4]).

([1]) M^lles Lelièvre et Menager, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1315.

([2]) L'action hydrolysante du fluorure de sodium a été signalée par Dastre, notamment dans le cas de la fibrine (*Comptes rendus*, t. 118, 1894, p. 959).

([3]) P. Freundler et M^lle Laurent, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1049.

([4]) *Bulletin de l'Office des Pêches maritimes*, t. 26, 1922, p. 42.

MYCOLOGIE. — *Contribution à l'étude des Dermatophytes*. Note de M. **L. Grigoraki**, présentée par M. L. Mangin.

L'étude cytologique et morphologique de Dermatophytes appartenant aux genres *Microsporon*, *Trichophyton*, *Achorion*, *Epidermophyton*, *Endodermophyton*, nous a permis d'obtenir un certain nombre de résultats nouveaux que nous croyons devoir résumer ici.

A. Divers champignons parasites appartenant à des espèces, genres et groupes très différents peuvent être la cause d'un même syndrome; de même, une seule espèce peut causer plusieurs types de lésions. La nomenclature mycologique établie d'après la nature clinique de lésions et suivant les conceptions que nous avons sur les maladies microbiennes se trouve donc erronée; elle a été cause que l'on a réuni dans de mêmes genres ou de mêmes groupes des espèces mycologiquement très différentes. C'est ainsi que, selon qu'une même espèce provoque un godet favique ou qu'elle occasionne une microsporie, on la classe comme un *Achorion* ou un *Microsporon*. Les genres *Microsporon*, *Trichophyton*, *Achorion*, *Epidermophyton*, *Endodermophyton* reposent sur des bases purement cliniques. Il est donc nécessaire de les réviser.

B. Dans tous les milieux de culture, les Dermatophytes se pléomorphisent. Ce pléomorphisme qui est une forme spéciale de polymorphisme se manifeste par une dégradation du mycelium et des corps reproducteurs. Cette dégradation est constante, mais elle est plus ou moins longue à apparaître, suivant les milieux et les espèces, elle se manifeste, soit dès les premières cultures ou à la suite d'un grand nombre d'ensemencements et dans un temps qui varie de trois mois à trois ans. Des facteurs biochimiques ou physiques influent sur le temps de son apparition qui peut devenir ainsi plus ou moins long; mais néanmoins, cette dégradation est constante et se manifeste toujours et dans n'importe quelles conditions. Ce pléomorphisme se traduit par les modifications suivantes :

a. Apparition d'un duvet blanc pléomorphique qu'on observe microscopiquement dans les cultures.

b. Amincissement des filaments, allongement et régularisation des parois des articles et vacuolisation plus accentuée.

c. Simplification des corps reproducteurs dont la forme marche de pair avec une diminution de la densité du cytoplasme.

Les fuseaux que nous considérons comme caractéristiques de certaines espèces subissent une modification dans le nombre de leurs loges qui tend à diminuer et finalement à un stade de dégradation plus avancée, ces fuseaux ne sont constitués que par une seule loge et prennent ainsi un caractère de grosses chlamydospores : ces dernières mêmes, à leur tour, diminuent de volume et se transforment en petites chlamydospores correspondant aux corps reproducteurs désignés par Vuillemin sous le nom d'aleuries. En dernier lieu, le mycelium peut finir par devenir absolument stérile.

C. L'étude que nous avons faite de certains *Gymnoascés*, l'assimilation des vrilles à des ornements des périthèces ou celles des corps nodulaires à des périthèces avortés, joints à d'autres caractères nous amènent à adopter les idées émises par Matruchot et Dassonville et à considérer les Dermatophytes comme des formes appartenant aux *Gymnoascés*. Nous divisons donc ces Dermatophytes en deux groupes :

1. *Gymnoascées*. — Ce groupe caractérisé par l'existence de périthèces comprendra le genre *Matruchotiella* avec une seule espèce : *Matruchotiella Currii* = *Trichophyton Currii* et le genre *Eidamella* avec une seule espèce : *Eidamella spinosa*.

2. *Atelogymnoascées*, ou Gymnoascées imparfaites, c'est-à-dire ayant perdu le pouvoir de former des périthèces.

Un certain nombre de ces espèces présentent dans les premières cultures des fuseaux très caractéristiques qui se dégradent plus ou moins rapidement par le pléomorphisme. D'autres apparaissent directement avec des fuseaux dégradés; les autres enfin ne présentent que des grosses chlamydospores et des aleuries que l'on peut supposer résulter d'une dégradation des fuseaux. On voit donc que le pléomorphisme aboutit en somme à un monomorphisme et que les espèces présentant des fuseaux caractérisés aboutissent à la suite du pléomorphisme à des formes semblables aux espèces du dernier type. Aussi doit-on autant que possible pour déterminer une espèce se fonder sur les caractères de la culture mère.

Ce groupe des Atelogymnoascées comprend les genres suivants :

a. Le genre *Spirallia*, présentant des vrilles (ornements de périthèces) qu'on observe pendant toute l'évolution des espèces dont la diagnose est ainsi rendue très facile.

b. Le genre *Closterosporia*, se reproduisant par fuseaux qui seuls persistent dans les cultures mères âgées. Le nombre des loges, ainsi que la forme de ces fuseaux, nous a permis de rapprocher certaines espèces qui se ressemblent également par leurs autres caractères.

c. Le genre *Closteroaleurosporia,* dont les espèces possèdent seulement des fuseaux dégradés et des chlamydospores d'une grosseur inégale.

d. Le genre *Chlamydoaleurosporia,* qui ne montre que de grosses chlamydospores et des petites ou aleuries.

e. Le genre *Aleurosporia,* qui n'offre comme corps reproducteurs que des aleuries.

Les cultures géantes de ces genres sont blanches, sauf certaines exceptions dépendant du milieu, ou sont pigmentées et en ce cas perdent leur pigment au cours du pléomorphisme ; néanmoins elles deviennent toujours duveteuses; ce duvet blanc apparaît tardivement dans les genres *Spirallia* et *Closterosporia,* et à la suite d'un certain nombre d'ensemencements, tandis qu'il apparaît dès la culture mère dans le genre *Closteroaleurosporia, Chlamydoaleurosporia* et *Aleurosporia,* qui représentent des espèces dégradées. La virulence des espèces dégradées semble faible et n'occasionne que des épidermomycoses ou n'atteignent que la surface du cheveu; par contre, les espèces de genres *Spirallia* et *Closterosporia* qui représentent des formes plus parfaites, sont plus virulentes et attaquent le follicule pileux ainsi que l'intérieur du cheveu. Le pléomorphisme diminue la virulence des espèces et l'inoculation de cultures sur animal est souvent négative ou n'occasionne que des lésions légères apparaissant comme des simples éléments éruptifs. Ainsi un favus que nous avons contracté au cours de notre travail ne nous a occasionné qu'une simple lésion érythémato-squameuse sur la paupière inférieure de l'œil gauche.

D. Toutes les espèces des genres *Trichophyton, Microsporon, Achorion, Epidermophyton, Endodermophyton,* dont les corps reproducteurs ne sont ni des fuseaux ni des chlamydospores, ni des aleuries, mais des arthrospores, doivent être classés dans les Arthrosporés (classification Vuillemin). Suivant que ces arthrospores présentent un ou plusieurs noyaux, nous les divisons en Arthrosporés monoculéés et polynucléés.

Les Dermatophytes étudiés ici sont tous polynucléés et nous créons pour eux le genre *Arthrosporia.* Les espèces de ce genre présentent toutes des cultures glabres. Leur pléomorphisme s'effectue très lentement et se manifeste par l'allongement des filaments, par la diminution du nombre des arthrospores qui apparaissent finalement comme des chlamydospores intercalaires, puis comme des petites chlamydospores ou aleuries.

BOTANIQUE. — *Évolution de l'excitabilité amylogène des plastes dans les cellules à réserves d'amidon.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Si l'on dispose sur du buvard humecté d'eau les cotylédons extraits d'une graine fraîche de Haricot (Var. Lingot) de dimensions normales, prélevée vers la fin de la période de synthèse, les volumineux grains d'amidon, que renferment les cellules, entrent dans la période d'hydrolyse, qui se traduit par l'apparition à leur intérieur des fentes de dissolution caractéristiques. On voit alors, au bout d'un temps qui varie de un à plusieurs jours suivant les graines ($t = 20°$), apparaître dans les cellules de petits plastes à condensation lente presque tous uniloculaires, qui deviennent peu à peu très nombreux en même temps que la proportion des éléments pluriloculaires devient plus grande. Si l'expérience continue, ces plastes verdissent au bout d'un temps variable suivant les graines. Le début de cette production de nouveaux plastes amylifères peut s'observer dans la graine pendant la période d'hydrolyse qui accompagne la maturation, mais ces plastes disparaissent presque tous au cours de la dessiccation. Au moment de la germination de la graine sèche ces plastes réapparaissent très nombreux et Li Koue Tchang qui a étudié leur formation a montré qu'ils provenaient probablement de chondriocontes.

Dans l'embryon jeune, les cotylédons renferment dans toutes leurs cellules, sauf l'épiderme et les cellules des faisceaux, des grains d'amidon uniloculaires de forme irrégulière, assez fréquemment allongée avec contour plus ou moins bosselé et extrémités souvent en fuseau. Ces grains d'amidon sont inclus dans des plastes de même contour dont le stroma, parfois plus épais en certains points, est légèrement teinté de vert par la chlorophylle. Si l'on coupe transversalement un de ces cotylédons chez un embryon à la période de synthèse, et que l'on expose la section au contact d'une solution de glucose à 5 pour 100 ($t = 20°$, $d = 24^{h}$), on provoque une réaction amylogène nette, qui se traduit par l'accroissement de volume des grains existants et par l'apparition de quelques plastes amylifères nouveaux de même forme, mais on ne détermine jamais la production des nombreux plastes du type précité qui caractérisent la période de l'hydrolyse.

Il existe donc dans les cellules des cotylédons deux sortes de plastes amylogènes; les uns sont actifs, doués dès le début de la période de syn-

thèse d'une excitabilité amylogène accentuée, les autres n'acquièrent ces propriétés dans l'évolution naturelle de la graine, que beaucoup plus tard, lorsque les premiers sont entrés dans la période hydrolytique.

Pendant la période de synthèse des premiers, ces derniers plastes existaient à l'état de plastes inactifs (ayant sans doute, d'après ce qui précède, la forme de chondriocontes) et il est permis de se demander s'ils ne correspondent pas à cette partie du chondriome à laquelle Guilliermond a donné cette désignation.

Il y a lieu de remarquer cependant que l'hydrolyse des gros plastes amylifères primitifs n'est pas indispensable d'une manière absolue au déclanchement amylogène de nouvelles unités plastidales de la cellule. On peut observer en effet, fréquemment dans les cotylédons du Haricot l'apparition, vers la fin de la période de synthèse, de nouveaux plastes amylifères très peu nombreux à forme arrondie, à condensation assez rapide, et à volume final variable. Ces plastes passent à l'hydrolyse, avec les fentes caractéristiques, en même temps que les volumineux plastes primitifs qu'ils accompagnent. Ils appartiennent à la même génération que ces derniers mais en diffèrent par leur apparition tardive et la faible durée de leur développement amylogène.

Comment expliquer cette évolution des diverses unités plastidales de la cellule. Si l'on sectionne transversalement un cotylédon de Haricot prélevé au début de l'hydrolyse, mais avant l'apparition des nombreux plastes qui la caractérisent, et si l'on dispose ($t = 20°$) l'une des moitiés sur du buvard humide et l'autre sur une solution de glucose à 5 pour 100, on constate, en suivant comparativement l'évolution amylogène pendant plusieurs jours des cellules voisines de la section, que l'apparition des nouveaux plastes est plus précoce et que leur nombre, leur volume et l'état de leur condensation progressent beaucoup plus rapidement dans les cellules cultivées sur glucose. D'autre part, dans ces mêmes cellules, la réaction amylogène, nulle chez les volumineux plastes primitifs, se manifeste chez les plastes à formation tardive de la même génération dont il a été question plus haut; elle est toujours nulle chez les plus volumineux d'entre eux mais elle peut être nette chez beaucoup de petits et de moyens où elle se traduit par une couronne de substance amylacée peu condensée entourant le grain central qui présente les fentes de l'hydrolyse. Dans tous les cas la réaction de ces plastes de première génération est beaucoup plus faible que celle des plastes nouvellement apparus.

Si l'on rapproche ces faits de la réaction amylogène très nette que les

plastes amylifères primitifs présentaient dans les cellules jeunes en présence de glucose, on peut conclure que l'excitabilité amylogène des plastes va en décroissant avec leur fonctionnement, et que cette diminution se traduit par une élévation progressive du seuil de condensation. Il en résulte que ce seuil a pu être dépassé, dans l'expérience précédente, chez les plastes de première génération petits ou moyens qui avaient peu fonctionné, mais qu'il n'a pas été atteint chez les plastes volumineux de même catégorie ou chez les gros plastes amylifères primitifs.

On rencontre des faits analogues aux précédents dans l'évolution histophysiologique du tubercule de pomme de terre ou des rejets qui se développent sur les tubercules non ensemencés. Il se forme tout d'abord dans les cellules de ces derniers une génération de nombreux et volumineux grains d'amidon uniloculaires, puis avec la période d'hydrolyse, survient une seconde génération de petits plastes amylifères pluriloculaires, dont le développement, qui suit la marche de l'hydrolyse, se manifeste d'abord comme celle-ci dans la zone périphérique de l'écorce, puis dans la zone interne et enfin dans la moelle.

L'évolution des plastes dans les graines de *Lupinus albus* est très différente de celle qu'offrent les exemples précédents. L'embryon jeune possède dans toutes ses parties des plastes chlorophylliens pourvus de petits grains d'amidon qui s'accroissent au cours du développement de la graine. Pendant la maturation et la dessiccation ces grains disparaissent ainsi que la chlorophylle pour se reformer de nonveau en même temps que cette dernière dans les mêmes corpuscules au moment de la germination sans qu'à aucun moment il n'y ait apparition d'une nouvelle génération de plastes amylogènes provenant d'éléments antérieurement inactifs.

En résumé il ressort principalement de ce qui précède qu'il peut exister dans les cellules à réserves d'amidon des plastes d'excitabilité amylogène très différente. Les uns pourvus d'une excitabilité accusée dès le début de l'évolution de la cellule produisent de l'amidon pendant une période de synthèse plus ou moins prolongée, mais leur seuil de condensation, s'élevant avec leur fonctionnement, devient supérieur au taux de sucre de la cellule, et cette phase de synthèse fait place à une phase d'hydrolyse. Les autres plastes restent, par suite d'un manque d'excitabilité, à l'état de plastes inactifs pendant toute la période de synthèse des premiers, et ne déclanchent leur activité amylogène que lorsque ceux-ci entrent en voie de dissolution.

PHYSIOLOGIE. — *Fixation du chloroforme par le système nerveux central et les nerfs périphériques.* Note [1] de MM. **Maurice Nicloux** et **A. Yovanovitch**, présentée par M. Widal.

La fixation du chloroforme par les différentes parties du système nerveux, au cours de l'anesthésie chloroformique, a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux dus notamment à Nicloux [2], Nicloux et M^lle S. Frison [3]. L'étude de la fixation du chlorophorme par les nerfs périphériques avait été jusqu'ici réservée, en raison de l'impossibilité d'effectuer un dosage précis du chloroforme sur un nerf, dont le poids, toujours très petit, atteint à peine 2^g; et l'on comprend ainsi pourquoi toute nouvelle recherche sur cette intéressante question devait avoir comme base un micro-dosage du chloroforme dans le sang et les tissus. L'un de nous ayant résolu tout récemment le problème qui consiste à doser $0^{mg},5$ ou 1^{mg} de chloroforme au centième de milligramme près [4], nous avons pu aborder aisément la question que nous nous étions posée et établir sans difficulté les premiers résultats que nous soumettons aujourd'hui à l'Académie.

Nos expériences ont été conduites de la façon suivante :

---

(1) Séance du 1er décembre 1924.

(2) Maurice Nicloux, *Les Anesthésiques généraux au point de vue chimico-physiologique*, 1 vol. in-8 jésus, 1908, 213 pages, 30 figures; Paris, O. Doin, éditeur.

(3) M^lle S. Frison et Maurice Nicloux, *Quantités de chloroforme fixées par la substance grise et par la substance blanche du cerveau au moment de la mort par cet anesthésique* (*Société de Biologie*, t. **62**, 1907, p. 1153; *Cause des différences de fixation du chloroforme par la substance grise du cerveau* (*Société de Biologie*, t. 63, 1907, p. 220).

(4) Maurice Nicloux, *Micro-dosage du chloroforme dans le sang et les tissus* (*Société de Biologie de Strasbourg*, t. **91**, séance du 21 novembre 1924, p. 1282). Sans entrer dans le détail, il nous paraît utile de résumer en quelques lignes la technique. On distille le sang ou les tissus (hachés au sein de l'alcool) en présence d'un excès d'alcool, dans l'appareil de Schlœsing-Aubin. Le distillat est saponifié à chaud par l'éthylate de sodium. Le chlorure de sodium formé est précipité en milieu nitrique, par une quantité connue de nitrate d'argent dont l'excès est ensuite déterminé par un titrage en retour au sulfocyanure d'ammonium. Cette méthode permet le dosage d'une quantité de chloroforme de l'ordre de $0^{mg},5$ à 1^{mg}, avec une erreur relative ne dépassant pas 2 pour 100, à la seule condition de prendre toutes les précautions qui sont de règle en micro-analyse.

Les animaux (chiens) respiraient à travers les soupapes à eau de Müller, la soupape d'inspiration renfermant un mélange d'huile et de chloroforme (24^{cm^3} de chloroforme pour 176^{cm^3} d'huile). Après une durée variable de la respiration nécessaire pour obtenir le seuil de l'anesthésie, ou pour maintenir l'anesthésie complète, ou amener la mort, les animaux étaient sacrifiés par section, dans le thorax, du cœur et des gros vaisseaux. Les nerfs pneumogastrique et sciatique étaient rapidement disséqués sur la plus grande longueur possible, sectionnés, et immédiatement immergés dans un flacon taré contenant une vingtaine de centimètres cubes d'alcool à 95°. Le poids de nerf, ainsi obtenu, oscillait entre $0^g,6$ et $1^g,7$, suivant la grosseur des animaux; on y dosait le chloroforme en suivant la technique dont nous avons donné plus haut les principes.

Le tableau suivant résume nos quatre expériences : la première où l'anesthésie n'a atteint que le seuil, la seconde et la troisième où elle fut complète, et la quatrième où elle entraîna la mort.

QUANTITÉ DE CHLOROFORME DANS LE SYSTÈME NERVEUX CENTRAL ET LES NERFS PÉRIPHÉRIQUES.

Chloroforme en milligrammes pour 100^g *de tissu.*

	I. Seuil de l'anesthésie Durée : 42 min.	II. Anesthésie confirmée Durée : 1 h.	III. Anesthésie confirmée. Durée : 1 h. 30 min.	IV. Anesthésie mortelle. Durée : 1 h. 50 min.
Cerveau	26,6	46,2	42,8	52,5
Bulbe	31,6	"	52,7	75,5
Cervelet	20,7	"	"	55,8
Nerf pneumogastrique	73,7	71	114	166
Nerf sciatique	43,3	"	50	76,3

Il résulte de l'examen de ce tableau que les nerfs périphériques, comme le système nerveux central, fixent le chloroforme en quantité notable; les nerfs présentent même cette particularité de fixer les quantités les plus élevées, et cela, aussi bien au seuil de l'anesthésie, qu'en période d'anesthésie confirmée, ou au moment de la mort. Cette donnée nouvelle qui n'est pas sans surprendre quelque peu, du moins du point de vue quantitatif [1], est intéressante à rapprocher du fait découvert par L. Lapicque et R. Legendre [2] que l'anesthésie générale s'accompagne de modifications

(1) Il suffit de comparer les chiffres relatifs au pneumogastrique : 73,7 au seuil de l'anesthésie, 166 au moment de la mort, à ceux que nous avons obtenus pour le muscle dans les mêmes conditions : 9,3 et 25,1.

(2) L. Lapicque et R. Legendre, *Modification des fibres nerveuses myéliniques pendant l'anesthésie générale* (*Société de Biologie*, t. 77, 1914, p. 284). Voir aussi ces auteurs : *Changement d'excitabilité des nerfs conditionné par une altération de leur gaine de myéline* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 803); *Sur les altérations de la gaine de myéline produites par divers poisons nerveux* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1592).

très importantes de la myéline des fibres nerveuses, la myéline gonfle sur toute son etendue, et particulièrement près des étranglements de Ranvier. Le phénomène est réversible en ce sens que les modifications ainsi observées régressent avec la disparition de l'anesthésique.

A n'en pas douter, la présence aujourd'hui démontrée de l'anesthésique dans les nerfs, les modifications qui l'accompagnent *in situ*, dont Lapicque et Legendre ont fourni les preuves microscopiques, sont autant de facteurs qui interviennent pour une part, peut-être importante, dans le mécanisme même de l'anesthésie.

ZOOLOGIE. — *Essaimage et développement d'un Eunicien et d'un Syllidien.* Note (¹) de M. R. **Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

Le 22 juillet 1924, au cours d'une pêche de nuit dans la rade de Cherbourg, j'ai assisté à un véritable essaimage d'*Eunice Harassii* Audouin et M.-Edwards. Les mâles, d'un blanc rosé, nageaient en serpentant à la surface de la mer. Les femelles, grises et de plus petite taille, étaient moins facilement perceptibles. Les uns et les autres, assez peu nombreux, ne semblaient guère s'écarter d'un fond de Laminaires proche du rivage, qui constitue leur habitat normal. Tous étaient mûrs : dès qu'un mâle était introduit dans un vase renfermant de l'eau de mer, il évacuait aussitôt ses spermatozoïdes par ses orifices néphridiens ; d'autre part, l'eau puisée à la mer renfermait des œufs qui se sont développés en larves identiques à celles provenant des œufs de femelles capturées. *Aucune métamorphose n'accompagnait la maturité sexuelle.*

Fage et Legendre ont aussi observé la natation nocturne en surface de nombreuses Annélides mûres ou non appartenant normalement au benthos (²); mais ils font remarquer que certaines peuvent être arrachées du fond par l'attraction lumineuse. Il n'en saurait être ainsi d'*Eunice Harassii* qui, le plus souvent, nageait en s'éloignant de la source lumineuse, d'ailleurs très faible ; c'est probablement pour cette raison que le nombre d'individus aperçus simultanément était peu considérable. Nous sommes donc en présence d'un véritable essaimage, d'autant plus intéressant qu'il concerne une espèce appartenant au même genre que les Palolos atlantique et pacifique.

(¹) Séance du 24 novembre 1924.

(²) M. Fage me signale qu'il a également capturé *Eunice Harassii* en pêche de nuit.

Comme pour ces derniers, la natation nuptiale se produit au moment du dernier quartier.

Douze heures après sa capture, les œufs abandonnés par une femelle tronquée, dans de l'eau puisée à la mer, contenaient déjà des embryons ciliés tournant sans arrêt. L'éclosion, très précoce, a lieu au cours du deuxième jour. Alors commence la vie pélagique qui dure une semaine. La jeune larve constitue une trochophore presque sphérique, paraissant uniformément ciliée et possédant une touffe de flagellums apicaux. Bientôt apparaît une paire d'yeux rouges, tandis que la larve devient piriforme. Les soies apparaissent vers le cinquième jour; le sixième, deux sétigères sont bien développés; le troisième n'apparaît que le septième jour, contrairement à ce qui se passe chez les Néréidiens où les trois premiers sétigères apparaissent simultanément. Enfin la bouche et l'anus s'ébauchent, les flagellums et les cils disparaissant graduellement : la vie pélagique est terminée, l'animal devient rampant. L'appareil masticateur se développe très rapidement; bientôt apparaissent deux paires d'urites ainsi que l'antenne médiane. A ce point de son développement la jeune *Eunice* est comparable à une *Nematonereis* adulte.

En résumé, l'essaimage semble impuissant à assurer une large dissémination de l'animal; la dispersion serait principalement favorisée par la longue vie pélagique de la larve.

Dans les environs de Cherbourg, la maturité sexuelle de *Syllis amica* Quatrefages se produit en fin juillet et août. La séparation des stolons paraît précéder l'essaimage de quelques jours. Des observations de natation et de ponte en aquarium, effectuées en 1923 et 1924, indiquent comme date d'essaimage les environs du premier quartier.

Effectivement, j'ai capturé plusieurs stolons ♂ de *Syllis amica* au cours de la pêche de nuit du 9 août 1924, lendemain du premier quartier, entre 2^h et 4^h du matin (heure d'été). Cette observation concorde avec celle de Fage et Legendre (¹) qui, à Concarneau, ont rencontré *Syllis amica* pélagique, dans leur pêche du 29 août 1922, vers 22^h, le jour même du premier quartier. On remarquera aussi que, si les heures sont extrêmement différentes, les captures ont été faites au même instant de la marée, à savoir vers le moment de la pleine mer. Ce fait s'explique par l'habitat de cette espèce à un niveau très élevé. Les stolons ont un mode de natation singulier : s'arrêtant

(¹) Fage et Legendre, *Essais de pêche à la lumière dans la baie de Concarneau* (*Bull. Inst. océanographique Monaco*, n° 431, 1923, p. 15).

fréquemment en s'enroulant en hélice, puis se détendant brusquement pour se remettre à nager en serpentant.

Les œufs de *Syllis amica* flottent et cette circonstance doit être un des facteurs principaux de la dissémination. La plus jeune larve observée, bien que ne possédant encore aucun sétigère, était déjà rampante. Cette reptation s'effectuait par le moyen d'une couronne ciliée céphalique et d'un pygidium entièrement recouvert de cils, rappelant le glissement des Turbellariés.

Le développement de *Syllis amica* diffère donc notablement de celui d'*Eusyllis monilicornis* (= *E. Blomstrandi*) étudié par Malaquin [1] chez lequel l'éclosion se fait à un stade beaucoup plus avancé. Le développement de *Syllis amica* se fait avec une extrême lenteur : neuf jours après l'observation précédente les larves ne possédaient encore qu'une seule paire de parapodes. Les premiers sétigères apparaissent donc successivement et non simultanément comme chez les Néréidiens. Chez la larve achète, le pharynx larvaire est déjà développé; il ne bourgeonne le proventricule que beaucoup plus tard, entre les stades de 6 à 12 sétigères. A ce dernier stade, la trompe est bien formée et possède sa dent; le prostomium, ainsi que le segment buccal, sont pourvus de tous leurs appendices. L'animal ne diffère plus de l'adulte que par le très petit nombre d'articles des appendices, spécialement des cirres dorsaux et par le fait que la paire ventrale de cirres tentaculaires est encore rudimentaire.

CYTOLOGIE. — *Sur l'histo-physiologie des cellules intestinales des Ascarides du Cheval et de la Tortue*. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Les plus récentes descriptions cytologiques des cellules intestinales d'*Ascaris megalocephala* remontent à 1913; la plus récente pour *A. lumbricoides* à ma connaissance, est de 1912 (Histologie de Stöhr, Iéna). Depuis, les travaux de Guilliermond et de ses élèves, en particulier, nous ont appris à démêler dans le chondriome différents stades évolutifs là où nos prédécesseurs ne voyaient guère qu'une seule catégorie d'organites appelés en bloc mitochondries ou plastosomes.

Le nutrocyte de l'ascaris du cheval possède un riche et dense chondriome que j'ai étudié par le procédé de Regaud, avec ou sans acide osmique. Le

---

[1] Malaquin, *Recherches sur les Syllidiens*. Lille, 1893, p. 404.

fait important à signaler en premier lieu, c'est qu'il y a, d'une part, des cellules où tout le chondriome est à l'état de chondriocontes grêles, flexueux, de calibre uniforme sur toute leur longueur et que des plages entières sont à ce stade. C'est aussi, d'autre part, l'existence de régions, dans la même coupe, où la morphologie chondriale, complètement changée, montre uniquement des plastes. Entre ces deux termes, on trouve des territoires où le chondriome offre un aspect intermédiaire : à la fois des chondriocontes typiques, d'autres avec un léger caractère de plastes, et enfin des plastes véritables.

Le changement des chondriocontes en plastes se traduit morphologiquement par l'épaississement de leur région moyenne ou de l'une de leurs extrémités, ce qui leur confère la forme en tête de spermatozoïde, ou en grain de mil prolongé par un ou par deux filaments pouvant acquérir une grande ténuité. Toutes les cellules renferment des grains d'un jaune rougeâtre, souvent signalés, sur la nature desquels on n'est pas entièrement fixé : je les crois d'origine chondriosomique. En effet, parmi les nombreux plastes, il en toujours quelques-uns dont l'évolution se poursuit plus loin; ils sont plus volumineux et leur extrémité renflée, d'abord pointue, devient massuée et prend une forme en cuiller; on les trouve principalement en dessous de la zone homogène. Leur partie élargie se vacuolise et produit, soit d'emblée, un de ces grains rougeâtres, soit un ensemble de granules de même aspect. Ces plastes disparaissent donc en tant que chondriosomes. Des granules semblables se trouvent d'ailleurs épars à différents niveaux de la cellule, et, dans certains cas, ils constituent de courts chapelets disposés longitudinalement; ceux-là m'ont paru provenir de la transformation perlée d'un chondrioconte non évolué en plaste, mais ils finissent par s'agglomérer et fusionnent en donnant un seul grain plus important.

Tous les autres plastes, c'est-à-dire la très grande majorité, fonctionnent sans produire de corps figurés, du moins immédiatement visibles, et j'ignore le genre de leur activité, laquelle peut être grande néanmoins. L'étude des territoires dont j'ai parlé plus haut, où le chondriome présente une physionomie intermédiaire, jointe à la considération du fait qu'il n'existe pas ici de cellules sans chondriome, montre que les plastes représentent la transformation momentanée des chondriocontes, et qu'ils redeviennent chondriocontes quand ils ont fini d'élaborer. Ainsi, du point de vue chondrial, la cellule passe alternativement de la phase à chondriocontes à la phase avec plastes, pour revenir à la précédente, et ainsi de suite jusqu'à usure, en ne perdant chaque fois qu'un nombre restreint de ses chondriosomes.

La zone dite homogène du nutrocyte, d'accord en cela avec C. Schneider (1902), me semble jouer un rôle de premier ordre dans l'acte d'absorption; toutefois ce rôle est ignoré. Souvent limité avec netteté du côté du chondriome, elle peut présenter de profondes incisures par où pénètrent les chondriocontes les plus avancés. Ainsi naissent des sortes d'enclaves, déjà signalées dans le Traité de Prenant (1904), qui renferment un ou deux bâtonnets ou un peloton serré de nature chondriale; à leurs dépens se forment de petits granules en un grain jaune rougeâtre, véritables produits de transformation de déchets chondriaux.

Chez *Ascaris holoptera*, le chondriome n'avait été signalé qu'assez brièvement par Giroud ([1]), ce qui m'a amené à en reprendre l'étude. Les dimensions de la cellule sont considérables, mais les chondriocontes ont une gracilité telle que leurs formes évolutives se prêtent assez mal à l'observation. Je n'ai pas trouvé une oppositition nette de cellules à chondriocontes et de cellules à plastes. Les plastes ont ici une forme en tête de spermatozoïde plus allongée que chez le parasite du cheval; un certain nombre deviennent ensuite de petits grains à queue qui perdent celle-ci en demeurant sidérophiles; tous ces granules s'accumulent parfois en grande quantité dans le cytoplasme. Ils s'accroissent un peu, puis on en voit de rapprochés par groupes de 3 à 5 : ils s'accolent en produisant des sortes de petites concrétions et finissent par fusionner. Ces dernières opérations sont, à coup sûr, accompagnées d'une modification chimique, car, avant de s'accoler, ou seulement lorsqu'ils fusionnent, ils perdent leur sidérophilie et apparaisent pigmentés en jaune très clair. Ces grains qui atteignent par fusionnement (un curieux fusionnement progressif et sans doute très lent qui avait déjà frappé Giroud) une grande taille (5 microns) représentent les grains rougeâtres de la première espèce étudiée. Ce sont en somme des sortes de concrétions pas tout à fait solides; mais quelle pourrait être leur signification?

Pour Flury (1912) et pour Fauré-Frémiet (1913), le fonctionnement des nutrocytes de *A. megalocephala* ressemble à la fois à celui des cellules hépatiques et à celui des cellules intestinales proprement dites. On y trouve du glycogène en abondance (von Kemnitz, 1912) et une graisse neutre osmioréductrice. Les plastes et les grains à queue sidérophiles que j'y décris offrent des analogies certaines avec les mêmes formes évolutives du chondriome des cellules hépatiques de la Souris (Noël, 1923). Ceci étant donné,

---

([1]) *Arch. Zool. exp.*, Notes et revue, t. 61, 1922, p. 1.

l'idée vient de considérer les grains jaunes et rougeâtres issus de chondriosomes comme formés vraisemblablement d'une sorte de pigment biliaire avec un peu de fer, déposé en tout petits calculs, ou mieux d'une substance qui, dans ces animaux, serait l'équivalent plus ou moins rapproché des bilirubinates insolubles des Vertébrés. Il est évident en effet qu'on ne peut s'attendre à découvrir ici des substances tout à fait identiques à celles qu'on trouve chez ces derniers, mais seulement des produits à peu près homologues. Cette interprétation vient compléter et, je crois, renforcer l'idée d'une fonction hépatique multiple attachée à ce curieux type de nutrocyte.

PROTOZOOLOGIE. — *Recherches sur la destruction des oocystes de Coccidies.* Note de M. **Ch. Pérard**, présentée par M. F. Mesnil.

Les oocystes des coccidies représentent la forme de résistance et la forme d'infection du parasite. Placés dans des conditions favorables, dans le milieu extérieur, ils conservent leur vitalité pendant un temps indéterminé, mais certainement supérieur à un an, en attendant d'être ingérés par un hôte sensible auquel ils transmettront la maladie. Leur destruction présente donc un grand intérêt pratique.

La résistance des oocystes aux antiseptiques est connue depuis longtemps. On sait qu'ils se segmentent dans l'acide chromique, l'acide phénique (Baranski, 1879), le formol, le bichromate de potasse et certaines solutions colorantes telles que le bleu de méthylène et la safranine (Wasielewski, 1904), dans l'acide sulfurique (Galli-Valerio) et dans certains fixateurs à base de sublimé (Mesnil).

J'ai essayé l'action sur les oocystes d'*E. perforans* et d'*E. stiedæ* du lapin, de diverses substances chimiques recommandées comme désinfectantes. J'ai constaté que, même après 24 heures de contact, les oocystes ne sont pas détruits : ils accomplissent leur évolution sporogonique dans la solution de ces produits (formol, permanganate de potasse, acide phénique, sublimé, lait de chaux, goudron, eau de Javel, eau oxygénée pure, sulfate de fer, sulfate de cuivre, acides sulfurique, azotique, chlorhydrique, acétique, chaux vive, lessive de soude), ou bien ils restent capables de l'accomplir quand ils sont placés dans des milieux favorables (après action de solutions de crésyl et de lysol).

Bien mieux, les divers antiseptiques favorisent la segmentation des oocystes et leur conservation, en stérilisant le milieu par destruction des germes bactériens qu'il contient.

Les résultats sont tout à fait opposés si l'on fait agir certains agents physiques : la chaleur et la dessiccation, envers lesquels les oocystes font preuve d'une très grande fragilité.

La dessiccation détruit les oocystes d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. Si l'on abandonne à la température du laboratoire (16 à 18° C.) une crotte entière d'un lapin coccidié, au bout de 3 jours il n'y a plus trace d'oocystes vivants. Ceux-ci se sont déformés, plissés, un grand nombre ont éclaté et l'on reconnaît avec peine leurs cadavres.

A 25° C., la dessiccation est complète en 24 heures; à 30°, en 12 heures; à 38°, en 6 heures. Dans ces expériences, la mort des oocystes, évidente pour ceux qui sont complètement éclatés, a été contrôlée, pour ceux simplement déformés, par mise en culture sur acide chromique, en chambre humide, à 20° C.

L'action de la dessiccation *seule* n'est appréciable que jusqu'à 38°, c'est-à-dire dans la zone de température où les oocystes continuent à évoluer quand cette condition n'intervient pas. Au delà, elle se confond avec celle de la chaleur en atmosphère sèche. En effet, à partir de 40° C., les oocystes sont tués par la chaleur. A 45° tous les oocystes, contenus dans des crottes ou des excréments diarrhéiques étalés en couche mince sur une feuille de papier filtre, sont détruits en 1 heure et au bout de 15 minutes à 55° C.

La chaleur humide est également très efficace, et son activité croît très vite avec l'élévation de la température. A 55°, 80 pour 100 des oocystes sont détruits en 20 minutes; ils sont tous tués en une demi-heure. A 80°, il ne faut plus que 10 secondes, et moins de 5 secondes avec l'eau bouillante, quand les excréments sont étalés en couche mince [1]. On peut dire que tous les oocystes touchés sont détruits instantanément.

La chaleur humide n'agit pas de la même façon que la chaleur sèche sur les oocystes. Ceux-ci n'éclatent pas, et au-dessous de 80°, ils ne sont pas modifiés dans leur aspect. Il faut obligatoirement les soumettre à des cultures d'épreuve pour constater qu'ils sont morts et qu'ils se laissent pénétrer par l'acide chromique qui colore leur protoplasme en brun. A

---

[1] Cette efficacité de l'eau bouillante n'avait pas échappé aux anciens auteurs, et dans son *Traité des maladies parasitaires*, 2e édition, 1892, Neumann signale ce procédé comme moyen de désinfection. Depuis cette époque, la vogue des antiseptiques utilisés dans les maladies microbiennes avait fait oublier cette méthode économique et vraiment efficace.

partir de 80°, la chaleur humide gonfle par places les parois des oocystes et leur donne un aspect boursouflé caractéristique.

En résumé, la chaleur et la dessiccation sont les procédés de choix à employer pour la destruction des oocystes. Leur action, à des températures qui sont fréquentes en été, est intéressante en raison des applications qu'elle peut recevoir dans la prophylaxie des coccidioses.

Mes expériences ont été faites avec des coccidies du lapin. Mais les résultats obtenus étant plus d'ordre biologique que spécifique, tout permet de penser qu'ils s'appliquent également aux oocystes à membrane épaisse d'autres espèces de coccidies, en particulier de mammifères et d'oiseaux.

MICROBIOLOGIE. — *Du mode d'action de la chaleur sur les ferments lactiques dans la pasteurisation du lait.* Note [1] de M. **Henri Stassano**, présentée par M. Roux.

On croit généralement que les ferments lactiques sont détruits par la pasteurisation telle qu'on la pratique en laiterie. Il suffit de recueillir et de garder aseptiquement dans des récipients stériles du lait pasteurisé pour reconnaître que pareille opinion est trop simpliste. Il devient acide et caille comme le lait cru : seul un certain retard le distingue de ce dernier.

Si l'on se borne à l'examen des seules colonies écloses dans les deux ou trois jours qui suivent les ensemencements de l'un et de l'autre lait, on peut partager l'opinion générale exprimée même par quelques spécialistes [2] « que les 99 pour 100 des bactéries du lait sont détruites par la pasteurisation ». Mais si, comme il sied, on poursuit l'examen, on voit apparaître sur les milieux nutritifs solides ensemencés avec du lait pasteurisé, les unes après les autres, toutes les formes microbiennes, à quelques exceptions près [3], qui poussent précocement entre le premier et le deuxième jour (gélatine, température ordinaire) sur les milieux identiques ensemencés avec du lait cru.

Toutefois si l'on compare, au moment de son complet développement, vers le 8e jour, la boîte de Pétri ensemencée avec du lait pasteurisé à

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) *Le Lait*, t. 1, n° 3, 1921, p. 106, Lyon.

(3) Le *B. coli* et les autres bactéries encore plus fragiles, parmi lesquelles sont compris heureusement tous les microbes pathogènes susceptibles de contaminer le lait et de le rendre dangereux, le bacille tuberculeux excepté.

celle qui correspond au lait cru, au 3^e jour de développement (arrêté aussitôt après par le formol), on constate que le nombre des colonies est sensiblement inférieur dans la première. Cette diminution porte évidemment sur les individus moins résistants de chaque espèce. En soumettant, sous couche mince de $\frac{1}{100}$ de millimètre, entre deux plaques métalliques également chauffées, des émulsions de *B. coli* de différents âges, j'ai rencontré, dans des émulsions vieilles de 8 jours, des individus supportant trois degrès et plus au-dessus de la température minima mortelle pour les *B. coli* jeunes de 20 à 24 heures [1].

Ce qui se passe pour le *B. coli* peut être le fait d'une loi générale. En supprimant les formes bactériennes, à la foi fragiles et plus hâtives, la pasteurisation déterminerait une sorte de sélection : les microbes jeunes succombent, tandis que ceux plus âgés résistent.

Mes recherches montrent que la pasteurisation diminue la vitalité des microbes du lait, et cette modification se traduit par un retard dans la croissance qui se maintient pendant un certain nombre de générations successives. Chez les ferments lactiques, on peut suivre aisément, par l'analyse acidimétrique, la valeur et la durée de cette modification qui s'efface par degrès progressifs.

J'ai eu à comparer dans mes essais l'efficacité de trois différents procédés de pasteurisation : 1° celui dit de *Pasteurisation haute* ou *continue* (95° pendant 2 minutes environ); 2° le procédé de *pasteurisation basse* ou *discontinue* (63° pendant 25 minutes), et 3° le procédé de la *couche mince* (75° et même 70° seulement pendant 8 secondes. Les trois appareils sont alimentés par le même lait provenant d'une même cuve de 3000^l. Un tube contenant 15$^{cm^3}$ de bouillon lactosé à 2 pour 100 et dont le P_H mesure 6 à l'échelle des indicateurs colorés, est ensemencé avec une anse de platine du lait cru de la cuve. Ce degré d'acidité permet aux seuls ferments lactiques de se multiplier. Des tubes contenant le même milieu sont ensemencés de la même façon avec une anse de lait de pasteurisation haute, de pasteurisation basse et de lait pasteurisé en couche mince.

Au bout de 18 heures d'étuve, l'échantillon témoin accuse un très considérable développement microbien; un peu moins copieux est celui des échantillons de pasteurisation haute et de pasteurisation basse; par contre, le liquide est à peine troublé dans l'échantillon de pasteurisation en couche

---

(1) STASSANO, *Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 820.

mince. Les acidités, exprimées en centimètres cubes de soude $\frac{N}{4}$, sont respectivement pour le premier 17^{cm^3}; pour le second $16^{cm^3},5$; pour le troisième 16^{cm^3} et pour les échantillons en couche mince $13^{cm^3},8$ parfois même de 9 à 10^{cm^3} seulement. En prolongeant de 24 le séjour à 37°, le trouble et le dépôt apparaissent dans ce dernier échantillon aussi abondants que dans les autres; à ce moment, toute différence apparente s'est effacée entre eux. Les mêmes coco-bacilles y pullulent affectant la disposition de streptocoques et de diplocoques. La production d'acide lactique continue cependant à différer de l'un à l'autre mais en sens inverse : voici les valeurs respectives, après 36 heures d'étuve : $18^{cm^3},8$; 19^{cm^3}; $19^{cm^3},4$ et enfin 20^{cm^3} pour le lait chauffé en couche mince.

Il est d'ailleurs aisé de comprendre à quoi tiennent ces différences et leur ordre renversé. Dans les laits de pasteurisation haute et basse, et encore davantage dans les laits crus, le *B. mesentericus* et le *B. megatherium* se trouvent à l'état de contamination en proportion moins exiguë que dans le lait pasteurisé en couche mince, d'où une gêne plus sensible dans le développement des ferments lactiques, même en bouillon acide, des tubes correspondant aux trois premiers échantillons.

L'expérience est encore plus nette si les divers laits pasteurisés sont ensemencés sur milieu solide. Des dilutions au $\frac{1}{10}$ et au $\frac{1}{100}$ des laits crus et pasteurisés par les trois procédés ci-dessus sont ensemencés en boîte de Pétri sur gélatine lactosée. En moins de 24 heures, les colonies au ferment lactique apparaissent dans la boîte ensemencée avec du lait cru; elles ne se montrent qu'après deux ou trois jours dans les boîtes qui ont reçu le lait de pasteurisation haute et de pasteurisation basse. Dans des boîtes ensemencées avec le lait pasteurisé en couches minces, les colonies de ferment lactique apparaissent encore plus tard, entre le cinquième et le sixième jour.

Les ferments lactiques survivent donc à la pasteurisation et l'action qui caractérise la pasteurisation, qui en mesure le degré d'efficacité selon le procédé employé, est de ralentir la vitalité des ferments lactiques, d'en atténuer l'activité chimique. Il résulte en outre de ces mêmes expériences que cette modification n'est pas éphémère : elle se transmet par hérédité pendant un nombre assez considérable de générations successives, tout en s'effaçant graduellement.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action comparée du bismuth sur le staphylocoque, le streptocoque et le colibacille.* Note [1] de MM. **P. Lemay** et **L. Jaloustre**, présentée par M. L. Mangin.

Les recherches de Sauton et Robert [2], de Sazerac et Levaditi [3], de Vladesco et Iriminoiu [4], de Giemsa [5], de Pomaret et Didry [6], d'Ionesco [7], de Klarenbeek [8], etc. ont montré les différences d'action des composés du bismuth sur la syphilis humaine, les spirilloses et les trypanosomiases.

Alors que l'action stérilisatrice est intense vis-à-vis des deux premières, elle est faible vis-à-vis des troisièmes,

D'ailleurs, la différence de résistance des divers microorganismes (bactéries et protozoaires) à un même antiseptique est connue depuis longtemps. C'est pourquoi nous avons songé à étudier l'action du bismuth sur quelques-uns d'entre eux : le staphylocoque doré (*aureus*), le streptocoque hémolytique et le bacille coli.

Les cultures ont été faites sur bouillon ordinaire, à l'étuve à 37° et examinées au bout de 12, 24 et 48 heures. Elles ont été répétées deux fois.

Nous avons choisi pour nos essais un sel soluble de bismuth, le tartrobismuthate de potasse et de soude émétique soluble de bismuth.

Le produit employé dans la première série venait de la maison Pointet et Girard. Celui employé dans la deuxième série venait de la Pharmacie centrale de France. Ils se sont montrés identiques comme action.

Les résultats résumés dans le tableau suivant montrent que le staphylocoque cultivé sur bouillon est arrêté dans son développement par une proportion en bismuth métal comprise entre $\frac{1}{400\,000}$ et $\frac{1}{300\,000}$ alors que le

---

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) Sauton et Robert, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 30, 1916, p. 261; *C. R. Soc. de Biologie*, t. 71, 17 janvier 1914, p. 66.

(3) Sazerac et Levaditi, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1391; *C. R. Soc. de Biologie*, t. 85, 1921, p. 430.

(4) Vladesco et Iriminoiu, *C. R. Soc. de Biologie*, t. 88, 1923, p. 287.

(5) Giemsa, *Münch med. Woch.*, t. 41, 1922, p. 1452.

(6) Pomaret et Didry, *Société française de Dermatologie et de Syphiligraphie*, t. 30, 1913, p. 197.

(7) Ionesco, *C. R. Soc. de Biologie*, t. 88, 1923, p. 289.

(8) Klarenbeek, *Tijdschrift voor Diergeneskunde*, Deel 49, aflevering 12, 1923.

streptocoque et le bacille coli poussent encore très bien pour une dilution de $\frac{1}{2500}$. On observe pour le streptocoque un changement de forme pour les fortes proportions, les chaînes diminuent de longueur.

Dilution en bimétal.	Staphylocoque.	Streptocoque.	*Bacillus coli.*
1 pour 800000	+	+	+
» 500000	+	+	+
» 400000	—	+	+
» 200000	—	+	+
» 150000	—	+	+
» 100000	—	+	+
» 87000	—	+	+
» 75000	—	+	+
» 50000	—	+	+
» 37500	—	+	+
» 25000	—	+	+
» 12500	—	+	+
» 9500	—	+	+
» 5000	—	+	+
» 2500	—	+	+

Nous n'avons pas poussé plus loin l'étude de l'action du bismuth en forte proportion, car à partir de $\frac{1}{5000}$, il se fait une floculation qui entraîne le bismuth et fausse les résultats. Nous avons d'ailleurs dépassé les proportions possibles de bismuth dans l'organisme et suffisamment démontré la très grande sensibilité du staphylocoque, vis-à-vis du bismuth, par rapport au streptocoque et au bacille coli.

Le staphylocoque se trouve être plus sensible au bismuth qu'au mercure, puisque d'après les expériences de Stodel [1] effectuées dans des conditions analogues, la culture n'est arrêtée par le bichlorure qu'à une dilution de $\frac{1}{132000}$ et par le mercure colloïdal qu'à une dilution de $\frac{1}{100000}$.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Action de l'acide acétylacétique sur la nutrition azotée.* Note de MM. **H. Labbé** et **Lavagna**, présentée par M. A. Desgrez.

La présence dans les humeurs de l'organisme de quantités notables de composés cétoniques constitue un témoin des troubles plus ou moins graves caractérisant l'état de β acidose. Le pouvoir toxique des composés céto-

(1) Stodel, *Thèse de Doctorat en Médecine*, Paris, 1908, p. 173 et 174.

niques est connu. Leur introduction massive par voie sous-cutanée produit des accidents déjà bien étudiés.

Il nous a paru intéressant de rechercher l'influence exercée sur le métabolisme azoté par l'absorption lente et prolongée de faibles quantités de ces substances. On réalise ainsi, dans une certaine mesure, des conditions analogues à celles dans lesquelles se trouve l'organisme malade en état d'acidose cétonique.

Déjà, en 1907, MM. A. Desgrez et Saggio, recherchant l'action exercée à la longue par les corps acétoniques sur quelques processus nutritifs, ont trouvé que l'éther acétyl-acétique introduit par voie d'injection sous-cutanée diminue les fonctions chimiques du foie et modifie les échanges azotés. Entre autres constatations, ces auteurs ont notamment établi que le rapport azoturique est abaissé dans l'urine des animaux soumis à ce traitement. En faisant varier le mode d'introduction du composé β-cétonique, nous avons, de notre côté, étudié les effets produits par l'ingestion de doses modérées, mais continues, d'acide acétyl-acétique sur l'équilibre azoté d'un organisme normal, ainsi que la modification éventuellement apportée, de ce chef, à l'équilibre acido-basique des excréta urinaires.

Nos expériences ont porté sur un chien de $7^{kg},500$, soumis à un régime mixte, uniforme et constant, formé de 100^{g} de viande et de 100^{g} de pain, ration que, dans une période préliminaire, nous avions reconnue susceptible de le maintenir en équilibre de poids et d'azote.

L'équilibre fut, en effet, obtenu durant 10 jours (13-23 mai), pour une quantité d'azote alimentaire de $5^{g},20$ par jour et une élimination de $4^{g},75$ d'azote urinaire. Le chien reçut ensuite durant 20 jours (23 mai-12 juin), intimement mélangés à sa ration, 2^{g} d'éther acétylacétique. Durant les huit derniers jours, la dose quotidienne fut portée à $3^{g},5$ du même corps. Voici ce que nous avons observé au cours de cette expérience :

1° L'état général du chien n'a pas été atteint par les faibles doses du toxique absorbé lentement par voie buccale. Tout au plus a-t-on noté, vers la fin surtout, une certaine polydipsie, s'accompagnant d'une augmentation légère du débit urinaire;

2° Le poids de l'animal n'a pas subi de variation notable : les deux chiffres extrêmes, de la première à la dernière pesée, étant de $7^{kg},490$ et $7^{kg},550$;

3° L'équilibre azoté ne fut pas non plus, dans son ensemble, modifié par l'ingestion prolongée du composé cétonique. Par contre, la forme chimique

sous laquelle eut lieu cette excrétion azotée s'est trouvée considérablement modifiée.

Le tableau ci-dessous résume ces données :

		Périodes :	
		I [1].	II [2].
Moyennes d'élimination :	N total	4,75	4,73
» »	N uréique	3,85	3,43
» »	N ammoniacal	0,25	0,38
» »	N aminé	0,02	0,08
Rapports pour 100 :	$\frac{\text{N uréique}}{\text{N total}}$	80	74
» »	$\frac{\text{N ammoniacal}}{\text{N total}}$	5,2	9,2
» »	$\frac{\text{N aminé}}{\text{N total}}$	0,4	1,6
P_H		7,6	7,15

Ce tableau fait apparaître une diminution très nette de l'azote uréique, avec abaissement du coefficient azoturique.

La diminution de l'azote uréique est compensée par une augmentation notable de l'azote ammoniacal.

Cette augmentation de l'ammoniaque urinaire concorde d'ailleurs avec une modification de même sens dans la valeur de la concentration en ions H de l'urine.

Quant à la proportion des acides aminés de l'urine, elle s'est trouvée considérablement accrue, fait qui concorde avec les observations cliniques.

La recherche qualitative de l'acide acétylacétique ne nous a montré son apparition dans l'urine qu'à dater du 5e jour suivant la première administration du composé. Durant toute l'expérience, l'élimination (étudiée par la réaction de Gehrardt) se fit assez irrégulièrement et uniquement à l'état de traces, ce qui est conforme aux données classiques.

En résumé, chez l'animal soumis à un régime alimentaire mixte, nous sommes parvenus à créer, par ingestion de doses modérées d'acide cétonique, un certain état d'acidose, léger mais nettement caractérisé par une série de troubles de l'équilibre acidobasique des humeurs, et, en particulier,

(1) Avant ingestion d'éther acétylacétique (10 jours).

(2) Pendant l'ingestion (20 jours).

par une augmentation régulière de l'ammoniaque excrétée, avec accroissement parallèle de l'acidité actuelle de l'urine. Aucun phénomène sensible de dénutrition n'a pu être constaté dans ce laps de temps. Peut-être la richesse relative de la ration en hydrates de carbone n'a-t-elle pas été étrangère à cette tolérance.

MÉDECINE. — *La tension superficielle et le problème du cancer.* Note de M. W. **Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

De nombreux auteurs ont fixé l'importance de la tension superficielle en biologie et ses relations avec d'autres phénomènes physiques. D'Arsonval (1) a démontré, il y a bien longtemps déjà, que chaque modification de la tension superficielle entraîne des changements de la force électromotrice; pour Battelli (2) elle conditionne la pression osmotique; les recherches de Traube (3) et de Windisch (4) ont fixé les rapports entre la tension superficielle et la concentration en ions H^+; Knoevenagel (5) a établi que la tension superficielle règle souvent le gonflement des gels.

C'est en nous rendant compte de l'importance de ce facteur que nous avons entrepris des recherches sur le rôle de la tension superficielle dans la multiplication des cellules et dans le cancer en particulier. Nous avons signalé en 1921 que la tension superficielle du sérum est abaissée de 2 à 3 dynes : cm dans le sarcome greffé sous la peau des rats (6). En poursuivant ces études, nous avons retrouvé la même diminution dans 47 cas de cancer chez l'homme; ces résultats ont été portés à la connaissance du Congrès français de Médecine, en 1922 (7). Depuis, la diminution de la tension superficielle dans le cancer a été confirmée par Bauer (8) et, d'une façon indirecte, par Waterman (9).

---

(1) D'Arsonval, *Soc. biol.*, 1884-1885.

(2) Battelli et Stefanini, *Rendiconti*, 1907, vol. **16**, p. 11.

(3) Traube et Somogyi, *Inter. Zeit. f. physik. chem. Biol.*, 1914, vol. **1**, p. 121.

(4) Windisch et Dietrich, *Biochem. Zeit.*, 1919, vol. **97**, p. 135, et vol. **100**, p. 130.

(5) Knoevenagel, *Kolloid Zeit. Beihefte*, 1920-1922.

(6) Kopaczewski, *Presse méd.*, 1921, n° **60**, p. 595.

(7) Kopaczewski, *Congrès franç. de Médecine*, 1922, p. 289.

(8) Bauer, *Zeit. Krebsforsch.*, 1923, vol. **20**, p. 358.

(9) Waterman, *Biochem. Zeit.*, 1922, vol. **133**, p. 535; *Zeit. Krebsforsch.*, 1923, vol. **20**, p. 375.

Étant donnée l'importance que cette notion peut avoir dans la thérapeutique du cancer, on ne peut pas se contenter de quelques mesures fortuites (Bauer), et seul, un grand nombre de cas peut autoriser une conclusion valable. Nous avons pu reprendre ces recherches sur le sarcome greffé des rats et aussi sur le cancer du goudron des lapins. Nous avons tout d'abord établi les constantes physico-chimiques du sérum normal de ces animaux, soumis au même régime alimentaire que les animaux cancéreux; voici les valeurs de la tension superficielle :

Animal.	Sérum.	Plasma oxalate.	Observations.
Rat blanc...........	70,1 dynes:cm (69,8 — 71,0)	75,3 dynes:cm (70,2 — 77,7)	25 mélanges
Lapin..............	69,9 dynes:cm (68,7 — 70,8)	73,4 dynes:cm (72,5 — 76,0)	12 cas

Nous avons greffé sous la peau d'une centaine de rats blancs le sarcome; 25 jours après, nous avons saigné tous ces animaux, en prélevant le sang directement dans le cœur. Le sérum ou le plasma oxalaté obtenu accuse alors une diminution notable de la tension superficielle :

Sérum..........................	65,3 dynes:cm (62,9 — 66,7)
Plasma oxalaté..................	69,7 dynes:cm (68,9 — 70,5)

Le même phénomène s'observe dans le cancer du lapin, provoqué par des badigeonnages avec du goudron, durant quatre mois :

Sérum..........................	66,1 dynes:cm (65,0 — 68,3)
Plasma oxalaté..................	68,9 dynes:cm (66,9 — 70,2)

La diminution de la tension superficielle du sérum ou du plasma oxalaté dans le cancer expérimental semble être un fait démontré. Ce fait est corroboré par de nombreuses constatations, apportées par des études physico-chimiques récentes. Gray [1] a démontré que la division des cellules dépend de la tension superficielle du milieu ambiant; Speck [2] a signalé

(1) Gray, *Physiol. Abstr.*, 1923, vol. 7, p. 529.
(2) Speck, *Kolloid Beihefte*, 1920, vol. 12, p. 1.

le rôle de gonflement dans la prolifération cellulaire, et nous avons déjà mentionné que le gonflement des gels est souvent réglé par la tension superficielle; Brinkmann (1) a fixé le rôle de la tension superficielle dans la perméabilité des membranes, et les recherches de Cloves (2), Gildemeister (3), Philipson (4), Watermann et autres, ont établi l'importance de la perméabilité dans la prolifération cancéreuse. L.-F. Loeb (5) a signalé le pouvoir protecteur, stabilisant du sérum cancéreux. Les résultats des recherches expérimentales sur le cancer sont ainsi en accord parfait avec la diminution de la tension superficielle des humeurs. De plus, les substances capables de produire le cancer expérimental (aniline, goudron, etc.), abaissent fortement cette constante capillaire; de nombreux auteurs ont établi le fait d'accumulation des graisses dans les tissus cancéreux; des améliorations ont été signalées par certains sels minéraux, tels que de Cu, Mg, Se, Pb, etc., augmentant la tension superficielle des liquides.

Quel peut être le mécanisme d'action de cet abaissement de la tension superficielle?

En dehors de son importance dans la perméabilité de la membrane, il ne faut pas perdre de vue l'action stabilisante, dispersive des substances diminuant la tension superficielle sur les hydrosols, point sur lequel nous avons déjà attiré l'attention, dans le cancer, en 1922.

Quel peut être le point de départ de cet abaissement? Il est probable qu'il est produit par des phénomènes électriques; nous savons, en effet, que chaque irritation mécanique, physique ou chimique, s'accompagne des modifications de la force électromotrice et de la résistance; il y a donc dans tous ces cas une libération des ions qui diminuent la constante capillaire et cette diminution agit, d'une part sur les gels, en modifiant leur perméabilité, et d'autre part sur les sols, en augmentant leur stabilité. Mais ce sont des hypothèses de travail, sur lesquelles l'expérimentation apportera son jugement; le seul fait à retenir pour le moment est le suivant :

Le processus cancéreux s'accompagne d'une diminution de la tension superficielle du sérum et du plasma sanguin.

---

(1) Brinkmann et A. von Szent-Gyorgi, *Biochem. Zeit.*, 1923, vol. 139, p. 261.
(2) Cloves, *Cancer Research*, 1918, vol. 3, p. 99.
(3) Gildemeister, *Pflügers Archiv.*, 1919, vol. 176, p. 84.
(4) Philipson, *Soc. Biol.*, 1920, vol. 83, p. 1389.
(5) L.-F. Loeb, *Biochem. Zeit.*, 1923, vol. 142, p. 11; *Zeit. Krebsforsch.*, 1923, vol. 20, p. 432.

MÉDECINE. — *Sur l'absorption des rayons ultraviolets par la peau et ses applications thérapeutiques.* Note [1] de M. **Jean Saidman**, présentée par M. Daniel Berthelot.

L'emploi des rayons ultraviolets (U. V.) en thérapeutique pose une question très importante : l'activité de ces radiations est-elle due seulement à leur intensité totale, ou bien existe-t-il des longueurs d'onde efficaces, à côté d'autres indifférentes ou nocives?

On tendait, jusqu'à présent, à les partager en deux groupes : l'un *eubiotique* au-dessus de 3000 Å et l'autre, au-dessous de cette limite, considéré comme *abiotique* et que certaius anteurs conseillaient de supprimer au moyen de filtres.

Cependant, les recherches récentes faites sur l'actinothérapie du rachitisme ont montré que l'action thérapeutique ne se produit pas bien à travers le verre, celui-ci arrêtant les rayons au-dessous de 3000-3100 Å, et que l'action prophylactique des rayons U. V. contre le rachitisme est due surtout aux rayons de longueur d'onde inférieure à 2900 Å (Hess, Pappeinheimer, etc.).

De même, on a noté que l'érythème actinique produit des modifications humorales : élévation du taux du calcium ou de la tyrosine dans le sérum; diminution de la glycémie (Rothmann et Callenberg, Pincussen). Or, la réaction cutanée est due aux rayons de longueur d'onde inférieure à 3100 Å (Moycho et Henri, Hausser et Vahle).

En thérapeutique, l'efficacité plus grande de l'arc à charbon dans le traitement des tuberculoses locales (Rey et Ernst) contrastant avec son infériorité (par rapport à l'arc à vapeur de mercure) dans l'actinothérapie du rachitisme, indique également une inégalité d'action des rayons U. V. de différentes longueurs d'onde.

Il nous a semblé qu'au lieu d'appliquer empiriquement les lampes à rayons U. V. existant dans le commerce, on pourrait augmenter l'effet de ces rayons, si l'on connaissait les longueurs d'onde efficaces dans les maladies justiciables de ce traitement. On réaliserait des sources émettant un maximum de radiations actives, en incorporant dans les électrodes de l'arc,

---

[1] Séance du 8 décembre 1924.

les métaux produisant des raies très intenses se trouvant dans la zone spectrale utile.

Pour résoudre ce problème, nous avons cherché l'application de la loi de Grotthus « n'agissent que les rayons absorbés », en faisant une série de recherches sur l'absorption des différents tissus normaux ou pathologiques, de lésions ou d'exsudats, de microbes ou de leurs produits.

Nous prenons des spectrogrammes des préparations histologiques non colorées ou de lambeaux épidermiques frais, en utilisant comme source d'U. V. les lampes employées en actinothérapie ou des dispositifs thérapeutiques créés spécialement. Nous allons, dans cette première Note, exposer quelques résultats obtenus avec la peau saine ou desquamée après le traitement U. V., en nous basant sur 300 spectrogrammes environ.

Avec la *lampe à vapeur de mercure*, la *couche épidermique la plus superficielle* de la peau (couche cornée, épaisseur : $\frac{1}{20}$ de millimètre en moyenne) est traversée d'une manière très satisfaisante par les rayons, depuis le spectre visible jusqu'à la raie 2967 inclus. Entre celle-ci et la raie 2652, il y a une bande d'absorption notable, suivie d'une augmentation de transparence pour les raies voisines de 2540. Une seconde bande d'absorption terminale commence à partir de la raie 2482.

Lorsque l'épaisseur de l'épiderme augmente, la zone de transparence 2540 disparaît et le spectre ultraviolet se rétrécit rapidement, la raie 3650 ayant une pénétration meilleure.

La peau épaisse de 1^{mm} ne laisse passer pratiquement que les rayons violets du spectre visible. Ces données ne sont valables que pour la peau fraîche. Lorsqu'elle vieillit, sa transparence aux rayons U. V. augmente.

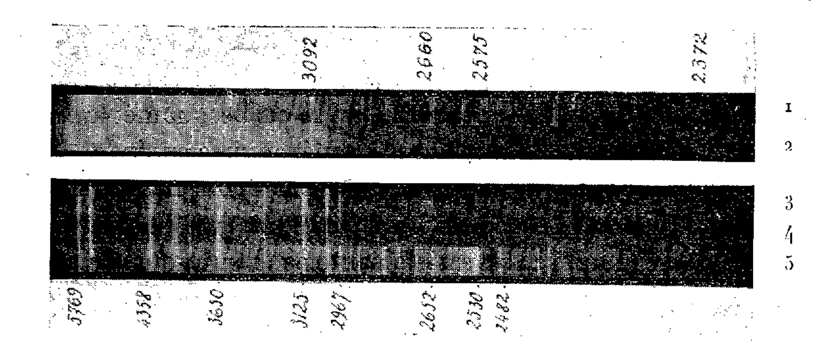
Avec la *lampe à arc*, la transmission dépend avant tout de la composition des électrodes, c'est-à-dire de l'intensité des raies au-dessous de 3000 Å.

Avec le charbon pur, ces radiations ne sont pas puissantes et sont pratiquement absorbées à partir de 3000 Å environ. Par contre, si l'on ajoute des métaux dans les électrodes en choisissant ceux qui émettent des raies de forte intensité, on observe, comme pour la vapeur de mercure, une zone d'absorption de 2950 à 2650 Å environ, une zone plus transparente aux environs de 2500 Å.

Ces données expliquent pourquoi les lampes à vapeur de mercure provoquent rapidement un érythème, tandis que les arcs à charbon, avec un domaine spectral aussi étendu, nécessitent des doses beaucoup plus considérables, sans atteindre une réaction identique. Elles montrent l'intérêt

qu'il y a d'avoir des raies intenses dont l'émission correspond aux bandes d'absorption des tissus.

Nous avons pu réaliser des sources dont le rayonnement transmis par l'épiderme est beaucoup plus important, car un doublet 2370 passe d'une manière satisfaisante. Des radiations de longueur d'onde inférieure à 2200 ont produit une fluorescence et par conséquent un rayonnement secondaire vers la profondeur dans la zone d'absorption habituelle.



De haut en bas : 1, spectre d'arc avec électrodes spéciales (15″); 2, spectre transmis à travers un lambeau d'épiderme (60″); 3, spectre de la lampe à vapeur de mercure à travers le même lambeau (pose 60″); 4, le même (pose 15″); 5, spectre témoin (pose 15″). — Le n° 2372 est trop à droite.

C'est un fait dont les conséquences thérapeutiques peuvent être considérables.

L'étude de l'absorption des exsudats et lésions cutanées nous arrêtera dans un Mémoire ultérieur. Elle nous indiquera, par exemple, pour les lésions tuberculeuses, une absorption plus rapprochée du spectre visible et nous permettra de conclure à l'utilisation des rayons appropriés.

D'ores et déjà on peut poser un principe fondamental en actinothérapie. Il y a des radiations utiles en thérapeutique, qui correspondent à une absorption sélective des cellules atteintes. Ce sont celles-ci qu'il faudra avoir dans les sources utilisées : il y a, en outre, avantage à se débarrasser des autres radiations, qui ne produiraient qu'un effet calorifique.

HYGIÈNE. — *L'indice de toxicité et l'utilisation de l'essence dans les automobiles.* Note de M. **Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

J'avais proposé [1] de classer tout système utilisant un combustible carboné quelconque, d'après un facteur numérique exprimant le rapport des volumes d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, produits lors de la combustion et que j'ai nommé indice de toxicité :

$$I_t = \frac{CO}{CO^2}.$$

Cette notation permet de contrôler un appareil sans qu'il y ait à se préoccuper du point de prélèvement des gaz; à la rigueur l'analyse de l'atmosphère ambiante suffirait.

On conçoit, je le rappelle, combien entre autres applications, la détermination de l'indice I_t des automobiles présente d'intérêt, tant au point de vue de l'hygiène qu'à celui de l'économie, puisque tout déversement d'oxyde de carbone, nuisible à la santé, signifie également perte thermique, soit finalement perte d'essence.

Si l'on désigne par E le coefficient d'utilisation de l'essence, c'est-à-dire le rapport entre l'essence consommée et celle qui est réellement utilisée, le calcul [2] donne entre I_t et E la relation

$$E = 1 - \frac{Q_p - I\left(\frac{4,24 - 1,165 I_t}{0,539 + 0,535 I_t}\right)}{Q_t},$$

où l'on pose, par litre d'essence brûlée :

$Q_t =$ pouvoir calorique total;
$P =$ teneur en carbone;
$Q_p =$ chaleur de combustion théorique de P $\left(Q_p = \frac{94,3}{12} \times P\right)$;
$I_t =$ indice de toxicité (la variable).

Il s'agit donc d'un arc d'hyperbole équilatère.

Toutes nos expériences ont été faites avec de l'essence pour « touriste »

---

(1) *Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 1046.
(2) Les détails du calcul seront publiés dans un autre Recueil.

ordinaire ([1]), ayant pour caractéristique : densité à + 15°, 0,727; début de la distillation, +38°; volume distillant avant 75°, 8,5 pour 100; avant 115°, 49,8 pour 100; avant 160°, 83,8 pour 100; densité de résidu à + 15°, 0,784.

Elle donne par litre :

P (poids du carbone total)........................	610^{g}
Q_t (pouvoir calorifique total)..................	8000^{cal}
Q_p (chaleur de combustion P du carbone).......	4791^{cal}

Dans ces conditions, on obtient en portant en abscisses différentes valeurs de I_t, et en ordonnées les valeurs correspondantes de E calculées par la formule ci-dessus, la courbe qui permet, pour chaque valeur de I_t, d'évaluer l'utilisation correspondante de l'essence, dans l'hypothèse que les gaz d'échappement ne contiennent, comme dans la généralité des cas, pas de carbure d'hydrogène (dont la présence augmenterait d'ailleurs la perte d'essence).

Nous avons fait plusieurs séries d'expériences ([2]) sur des voitures différentes, et de manière à représenter, par l'analyse complète des gaz d'échappement le travail moyen d'une automobile parcourant les rues encombrées d'une grande ville. Les prélèvements de gaz ont été effectués à l'aide d'un tube en cuivre, solidement attaché, dont l'extrémité inférieure pénètre de $0^{m},30$ dans le tube d'échappement, et communique avec les flacons ou ampoules vides d'air et de gaz installés dans la voiture en marche et servant aux prélèvements.

Les conditions de prélèvement, les indices de toxicité I_t et les coefficients d'utilisation de l'essence, sont portés dans le tableau suivant :

Torpédo 17 C.V. :	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	Moyennes.
$I_t = \left(\frac{CO}{CO^2}\right)$......	1,13	1,82	0,74	1,00	»	0,67	»	1,04
E = coeffic^t d'utilisation de l'essence.......	0,76	0,70	0,82	0,78	»	0,82	»	0,78
Limousine 17 C.V :								
I_t..............	0,65	1,30	0,60	0,08	0,74	0,59	»	0,64
E..............	0,83	0,75	0,84	0,96	0,82	0,84	»	0,83

([1]) Utilisée par le Service des Automobiles de la Préfecture de Police et dont une analyse m'a été communiquée.

([2]) Voir pour détails le Mémoire, *loc. cit.*

Coupé de ville 10 C.V. :	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	Moyennes.
I_t.	»	2,00	1,08	»	1,20	1,00	»	1,25
E.	»	0,68	0,77	»	0,76	0,78	»	0,75
Voiturette 6 C.V. :								
I_t.	0,10	1,28	0,21	0,00	0,03	0,15	»	0,29
E.	0,96	0,77	0,93	1,00	0,98	0,95	»	0,90
Torpedo 17 C.V. :								
I_t.	1,095	2,0	1,24	»	0,92	1,24	0,90	1,23
E.	0,96	0,68	0,75	»	0,79	0,75	0,79	0,76
Voiture genre *omnibus* 35 C.V. :								
I_t.	»	0,22	»	0,075	»	»	»	0,14
E.	»	2,92	»	0,97	»	»	»	0,94

I, moteur débrayé tournant à pleine vitesse. — II, moteur à l'arrêt au ralenti. — III, Démarrage en première vitesse avec le « coup d'huile » (fumée). — IV, 20^{km} à l'heure. — V, 40^{km} à l'heure. — VI, 60^{km} à l'heure. — VII, 100^{km} à l'heure.

Ces expériences établissent que l'indice de toxicité des moteurs à essence est une des caractéristiques du moteur qui devrait (déterminé avec une essence de type courant) figurer parmi les autres caractéristiques. Il paraît dépendre surtout du degré de perfectionnement du carburateur et non principalement d'autres facteurs, comme conditions atmosphériques, vitesse, etc... sauf lorsque le moteur tourne à l'arrêt au ralenti, *l'indice variant alors du simple au double.* — Dans la plupart des types d'automobiles actuels, l'indice est d'environ 1 (c'est-à-dire que le volume d'oxyde de carbone dégagé est égal à celui de l'acide carbonique), l'utilisation moyenne correspondante de l'essence, de 78 pour 100. Mais il existe des automobiles dont l'indice est négligeable, et démontrant, par conséquent, que la suppression de l'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement est pratiquement possible, suppression désirable, à la fois en ce qui concerne l'hygiène et la bonne utilisation de l'essence. En attendant, il convient de réduire au minimum le fonctionnement au ralenti des moteurs débrayés dans les espaces peu ventilés et de veiller à la salubrité des garages.

La séance est levée à 15^{h}25^m.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1924 (*suite et fin*).

La science et la vie moderne, par Daniel Berthelot. Paris, Payot, 1924; 1 vol. 22cm,5.

Contributions à l'étude des roches éruptives indochinoises, par René Bourret. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1924; 1 fasc. 28cm.

Leçons sur la composition et les fonctions permutables, par Vito Volterra et Joseph Pérès. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 25cm.

Bulletin volcanologique, organe de la section de volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale, publié par H. Malladra. Année 1924, n° 1. Napoli, Francesco Giannini et Figli, 1924; 1 vol. 25cm.

Études préhistoriques sur la Province du Perche, par Jousset de Bellesme. Nogent-le-Rotrou, L. Hamard, 1922; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. H. Douvillé.)

Mélanges de mathématiques et de physique, par Émile Picard. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 25cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction, avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule LXVIII : *Étude des huiles d'animaux marins provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le prince Albert Ier de Monaco* (1897-1913), par Henri Marcelet. Imprimerie de Monaco, 1924; 1 fasc. 35cm,5.

John William Strutt, third baron Rayleigh, par Robert John Strutt, fourth baron Rayleigh. London, Edward Arnold and Co, 1924; 1 vol. 22cm,5.

Université de Besançon. *La chronométrie pratique en France; l'horlogerie française en* 1823 *et* 1923, par A. Lebeuf. Besançon, Millot frères, 1924; 1 fasc. 24cm.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1924.

Inauguration du buste de Philippe-A. Guye, remis à l'Université par l'Association des élèves et anciens élèves de l'École de chimie, 13 *mars* 1924. Genève, Albert Kündig, 1924; 1 fasc. 25cm.

Contribution nouvelle à l'étude de la sexualité des Basidiomycètes, par René Vandendries. Lierre, Joseph van In et Cie; Louvain, A. Uystpruyst, 1924; 1 fasc. 29cm,5.

Encyclopédie pratique du naturaliste. XII : *Les arbres, arbustes et arbrisseaux*

d'ornement, par A. Camus. Paris, Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 16cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

Études expérimentales de technologie industrielle, 69e mémoire : *Usure et défauts des rails*, par Ch. Frémont. Paris, 1924; 1 fasc. 27cm. (Présenté par M. Lecornu.)

Manuel des travaux de force à exécuter à bord des navires et dans les chantiers, à l'usage des marins, ingénieurs et entrepreneurs, par Stanislas Millot. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1924; 1 vol. 29cm,7. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Éléments d'histologie; structure et évolution de la matière vivante, par Ed. Retterer. Paris, Payot, 1924; 1 vol. 23cm.

Revue de l'Université de Bruxelles. *Les échelons de la vie; discours prononcé à la séance solennelle de rentrée, le* 13 *octobre* 1924, par Albert Brachet. Bruxelles, M. Weissenbruch, 1924; 1 fasc. 25cm.

Immortalité et rajeunissement dans la biologie moderne, par S. Métalnikov. Paris, Ernest Flammarion, 1924; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Calcul vectoriel, par A. Chatelet et J. Kampé de Fériet. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Paul Appell.)

Le grand Ampère, d'après des documents inédits, par Louis de Launay. Paris, Perrin et Cie, 1925; 1 vol. 20cm.

Université de Strasbourg. Faculté des Sciences. *Institut de physiologie générale : Travaux*. Vol. II, 1923-1924; 1 vol. 24cm.

Encyclopédie entomologique. II : *Les longicornes de France*, par L.-M. Planet Paris, Paul Lechevalier, 1924; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ERRATA.

(Séance du 24 novembre 1924.)

Note de M. *P. Idrac*, Étude théorique des manœuvres des albatros par vent croissant avec l'altitude :

Page 1138, ligne 14, *au lieu de* $P = mg + \frac{V^2}{\rho}$, *lire* $\left(\frac{P}{m} = g\right)_N = \frac{V^2}{\rho}$.

(Séance du 1^er décembre 1924.)

Note de M. *Jean Boccardi*, Les moyennes par dixièmes d'année dans les variations des latitudes :

Page 1251, ligne 8, *au lieu de* différant de 30 heures, *lire* différant de 304 jours

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

En ouvrant la séance M. **Guillaume Bigourdan** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Une belle tradition trace invariablement à votre président son rôle dans cette séance publique annuelle : il doit au moins évoquer le souvenir de nos confrères morts récemment, et ainsi poser, en quelque sorte, une pierre d'attente pour un éloge ultérieur, plus digne à la fois de leur vie laborieuse et de leurs importantes découvertes.

Tous les ans, hélas ! grand est le nombre de ceux que la mort nous a ravis : dans l'année qui finit nous avons perdu un membre de la Section de Géographie et Navigation, M. Bertin ; — un membre libre, le prince Bonaparte ; — un membre de la division des Applications de la Science à l'Industrie, M. de Chardonnet ; — un associé étranger, — trois correspondants nationaux et trois correspondants étrangers.

M. Louis-Émile **Bertin**, doyen de la Section de Géographie et Navigation, avait été élu le 23 novembre 1903, et il fut président de notre Académie en 1923. Né à Nancy le 23 mars 1840, il passa par l'École Polytechnique (1858) et en sortit dans le génie maritime (octobre 1860). Nommé ingénieur des constructions navales à Cherbourg, il s'établit alors dans cette ville : toujours il lui est resté attaché.

Dès 1884, deux années après sa sortie de l'École d'Application, il se fit remarquer par d'importants travaux sur l'assainissement des navires à vapeur, au moyen d'une ventilation beaucoup plus énergique qu'on n'avait su l'obtenir jusque-là.

Depuis longtemps, l'ancienne marine à voiles tentait d'améliorer l'état sanitaire des bâtiments, et en particulier de ceux destinés aux transports des malades, hommes ou animaux ; mais les résultats obtenus par la venti-

lation à bras restèrent très insuffisants; et ils l'étaient encore au début de la marine à vapeur.

M. Bertin eut l'idée très simple, mais extrêmement féconde, de ménager, dans la construction de la coque du navire, de longs tuyaux ou canaux d'appel d'air, aboutissant à l'enveloppe des cheminées des machines : la chaleur de ces cheminées produit un tirage énergique et renouvelle l'air des parties basses du navire. Les premiers essais de ce dispositif, appliqué à un transport déjà existant, le *Calvados*, eurent un plein succès, car la mortalité des malades transportés diminua immédiatement des trois quarts; en outre, la durée des navires en bois se trouvait doublée. Sur un rapport de l'illustre Dupuy de Lôme, notre Académie attribua le prix Plumey (1872) à M. Bertin, après avoir ordonné l'insertion, dans le recueil des *Savants Étrangers*, du Mémoire où il avait consigné ces beaux résultats et les moyens employés pour les obtenir. La publicité donnée ainsi par l'Académie à la ventilation du *Calvados* fit entreprendre immédiatement à l'étranger de nombreuses applications du nouveau procédé.

De très bonne heure aussi, dès 1865, M. Bertin envisagea l'étude des mouvements des navires sous l'action des vagues de haute mer; et peu après, en 1867-1868, il imagina un instrument enregistreur, ce qu'il appelle un *oscillographe*, pour perfectionner ces recherches, qu'il a poursuivies pendant longtemps. Les conséquences pratiques en furent l'amélioration de la stabilité contre le roulis, en augmentant la résistance de la coque dans l'eau, par l'emploi de quilles latérales. Ce procédé, essayé d'abord avec succès sur de petits bâtiments, a été adopté partout; et même il s'est montré plus efficace encore sur les grands navires que sur les petits. Ces recherches valurent à leur auteur, en 1882, une partie d'un prix extraordinaire de 6000^{fr}.

Pendant la guerre de 1870, M. Bertin remplit les fonctions d'officier du génie militaire, et organisa les lignes de défense de Carentan.

Un autre ordre de recherches fructueuses, entreprises par lui dès 1870, fut la protection des navires de guerre contre l'effet destructif des projectiles, par l'emploi d'un cloisonnement cellulaire : cette idée qui a largement fait ses preuves, ne fut pas d'abord appréciée en France, où on la considéra plutôt comme une singularité sans importance; mais elle fut appliquée immédiatement à l'étranger.

L'augmentation des épaisseurs de blindage, exigée par les progrès incessants de l'artillerie, entraînait des difficultés de tout ordre pour la flottabilité des navires, surtout pour ceux de faible déplacement : comme ces chevaliers du moyen âge, de plus en plus bardés de fer, ils pliaient sous le poids

de leur cuirasse. Alors M. Bertin imagina la ceinture de blindage, combinée avec une tranche cellulaire, voisine de la ligne de flottaison, tranche destinée à limiter l'importance des avaries. D'abord il appliqua cette méthode à des navires de petit tonnage, restés jusque-là sans protection, et il les composa d'une tranche protégée, placée au-dessus d'un pont blindé qui recouvrait les cales et les parties vitales du navire. Cette forme, plus ou moins modifiée, s'est généralisée : en 1885 on comptait, à flot ou en chantier, 17 navires à flottaison cellulaire ou protégés, tandis qu'en 1896 il y en avait 120.

L'étude des conditions d'équilibre des navires actuels, aux formes très variées, est beaucoup plus difficile que pour les navires anciens, dont les formes extérieures étaient presque toujours semblables entre elles. Pour résoudre cette question d'équilibre, dont l'importance est évidemment primordiale, M. Bertin, un des premiers, imagina de l'étudier sur de petits modèles, dont on suit les évolutions sur un bassin; et cette méthode s'est généralisée depuis.

Tous ces travaux avaient valu à M. Bertin une réputation de précurseur; et lorsque le Japon voulut se créer une flotte moderne, c'est à lui qu'il fit appel; il resta en Extrême-Orient de décembre 1885 à mars 1890; et avec un crédit relativement faible, même pour l'époque (70 millions de francs), il sut créer l'arsenal de Sasebo, dans la mer intérieure du Japon, et construire trois croiseurs rapides, fortement armés, qui firent leurs preuves dès 1894, à la bataille du Yalou; en outre ils ont conduit aux croiseurs de combat d'aujourd'hui.

De retour en France, M. Bertin servit à nouveau son Pays, à Toulon d'abord, comme sous-directeur de l'arsenal, puis à Paris (1892), successivement à la direction de l'École du Génie maritime et au Ministère de la Marine.

Il fut atteint par la retraite en 1905, mais son esprit conserva cette activité variée qui déjà, en 1867 et 1868, lui avait fait étudier le droit, pendant ses loisirs d'ingénieur de l'escadre du Nord : son président de thèse, le célèbre juriste Demolombe, l'engagea même vivement à quitter la marine pour se consacrer au droit, en concourant pour l'agrégation.

Au Japon, où sa mission nécessita de nombreux voyages, il visita les vieux temples, les tombes des héros populaires, et recueillit ainsi les éléments de son *Histoire des guerres civiles du Japon*. Il avait fondé la *Société franco-japonaise* de Paris et en était resté président. Depuis 1871 il appartenait à l'Académie pontificale des *Nuovi Lincei*, et à des époques diverses il était devenu membre de Sociétés spéciales, comme les *Naval Architects*

anglais, la Société des *Architectes Navals* français, l'*Académie de Marine*, etc. Il était membre également du *Conseil supérieur de la natalité*.

Il s'est éteint sans souffrances, à 84 ans, le 22 octobre dernier, à la Glacerie, près de Cherbourg, où il passait ordinairement la saison d'été.

Son œuvre a porté au loin le prestige de la France, et son nom vivra comme celui d'un des meilleurs serviteurs de la marine, à côté de ceux de Dupuy de Lôme et de de Bussy, qu'il avait remplacés parmi nous.

Nous avons perdu aussi un membre libre, le prince Roland **Bonaparte**.

L'ancienne Académie des Sciences avait des membres honoraires, qui furent ordinairement de grands personnages de l'État, cultivant parfois eux-mêmes la Science et la favorisant toujours de leur crédit et de leur fortune. Nos membres libres sont comme les héritiers naturels de ces honoraires, et le prince Bonaparte avait trouvé place au milieu d'eux, en donnant l'exemple rare d'un homme fortuné, préférant le travail à cette oisiveté dorée, aux multiples facettes, idéal de la foule, mais qui, dit-on, ne parvient pas même à tromper l'ennui.

Il naquit à Paris-Auteuil le 19 mars 1858, et était, par son père, le prince Pierre, petit-fils de Lucien, frère de Napoléon. Encore enfant, il vit les circonstances tragiques où Victor Noir trouva la mort, puis le procès qui en fut la conséquence, événements qui révolutionnèrent la dernière année du Second Empire.

Après l'année terrible, il accompagna sa famille en exil; puis, en 1874, il vint terminer ses études au Lycée Saint-Louis, qui le conduisit à l'École de Saint-Cyr trois ans après. Il en sortit en 1879, dans les premiers rangs, comme sous-lieutenant, et bien résolu à servir la France, à consacrer sa vie à l'armée qu'il adorait. Mais il dut y renoncer en 1886, quoique toujours il se fût tenu à l'écart de la politique.

Dès ce moment c'est à la Science qu'il se donna tout entier.

Marié en 1880, et devenu veuf en 1882, dès l'année suivante il étudiait, à l'Exposition d'Amsterdam, les riches collections anthropologiques qui s'y trouvaient réunies; bientôt après, il résuma dans un ouvrage important (¹) les observations qu'il avait faites sur les habitants de la Guyane hollandaise. Ce fut aussi le début d'une collection de photographies anthropologiques, constamment enrichie depuis.

Durant les années qui suivirent, il entreprit de nombreux voyages d'étude,

---

(¹) *Les habitants de Suriname*, Paris, 1884, 1 vol. in-f°.

pour continuer ces recherches, auxquelles il adjoignait déjà la Géologie et la Botanique. Telle fut aussi l'occasion de commencer une riche collection de roches et de minéraux, ainsi qu'un herbier qui devait prendre, dans la suite, un développement monumental.

Pour donner tous leurs fruits, de tels voyages doivent être préparés avec soin, et ainsi le prince Roland fut amené à former peu à peu cette bibliothèque célèbre qui occupe la place d'honneur dans le grandiose hôtel de l'avenue d'Iéna.

De 1890 à 1906, il étudia la question trop négligée des mouvements périodiques des glaciers: environ deux cents furent mis en observation, tant dans les Pyrénées que dans les Alpes. Pour les plus importants, on en dressa un plan complet, appuyé sur une triangulation, et où l'on reportait les observations faites annuellement de juin à septembre; et ces documents servaient de base à une étude complète. Pour les glaciers secondaires, on jalonnait seulement leur front par des pyramides de pierre que tous les touristes ont remarquées, dans la région de Chamonix notamment. Il montra ainsi que les mouvements d'avance et de recul des glaciers s'accordent assez bien avec la période climatérique de 35 ans de Brückner. L'importance de ces travaux fit appeler le prince Roland à la présidence de la Commission internationale des glaciers, instituée à la suite d'un Congrès géologique tenu à Zurich en 1894.

Tout en servant ainsi la Science par ses travaux personnels, il lui apporta constamment un appui libéral et délicat. C'est ainsi qu'il contribua puissamment à l'édification de l'Observatoire Janssen au sommet du mont Blanc, — qu'il dota le laboratoire zoologique de Banyuls-sur-Mer d'un bateau à vapeur, le *Roland*, spécialement adapté aux études maritimes, — et qu'il coopéra aux premiers lancers de ballons-sonde, dont les résultats ont conduit L. Tesserenc de Bort à la découverte de la stratosphère ou zone isotherme de la haute atmosphère.

Sa généreuse intervention dans la mesure de la méridienne de Quitto mérite d'être particulièrement rappelée :

Au XVIII^e siècle, alors que la Géodésie était une science presque uniquement française, le Gouvernement de Louis XV, à la demande de l'Académie des Sciences, organisa deux célèbres missions, chargées de mesurer des arcs terrestres, l'un situé vers le pôle nord et l'autre au voisinage de l'équateur : c'était le meilleur moyen de trancher une question importante, alors vivement discutée, celle du sens de l'aplatissement de la Terre.

De telles expéditions, qui n'étaient pas sans danger, présentaient alors

de grandes difficultés, dont certaines persistent encore; et d'Alembert a pu dire, en parlant de celle du Pérou, qu'elle fut « l'entreprise la plus grande que les sciences aient jamais tentée »; cette mesure se prolongea 10 ans.

Les progrès de la Science aidant, il était devenu nécessaire de reprendre cette mesure au XIX^e siècle; et la France, forte de ses droits acquis au XVIII^e, revendiqua cet honneur. La mesure fut donc reprise en 1899 par le Service géographique de l'Armée, sous les auspices de notre Académie, et la direction du colonel Bourgeois, depuis général, et qui est devenu notre confrère. Les entraves d'un climat défavorable retardèrent l'achèvement du travail, et, après quatre années d'efforts, on put craindre de le laisser inachevé. Le temps pressait, et les difficultés budgétaires faisaient hésiter les pouvoirs publics; c'est alors qu'un don généreux du prince Roland sauva le prestige de la France.

De telles interventions ne pouvaient rester secrètes; mais, en bien d'autres occasions, le plus souvent ignorées, le prince a tantôt corrigé les rigueurs du sort pour des savants malheureux, tantôt aidé à l'achèvement d'œuvres qui sans lui pouvaient être compromises.

Ce rôle de mécène, et les travaux personnels du prince Roland Bonaparte, le désignaient pour succéder parmi nous aux anciens membres honoraires, et il fut élu membre libre le 4 février 1907.

Loin de considérer ce haut témoignage d'estime comme une invite au repos, il redoubla d'activité, s'occupant particulièrement de botanique cryptogamique : ses *Notes ptéridologiques* forment 13 volumes. En même temps, son hôtel de l'avenue d'Iéna, où il accueillait si cordialement les travailleurs, devint plus que jamais le rendez-vous des nombreux Congrès scientifiques tenus à Paris avant la grande guerre; il aimait particulièrement à leur faire les honneurs de sa magnifique bibliothèque et de ses riches collections.

Un grand nombre de Sociétés savantes l'avaient appelé à elles, et bien souvent il leur apporta des concours précieux. Après la guerre, comme beaucoup d'entre elles, durement éprouvées, avaient un avenir incertain, il les aida puissamment; de leur côté, après lui avoir témoigné leur reconnaissance durant sa vie, elles vinrent à ses obsèques, en nombre tout à fait inaccoutumé, lui exprimer la fidélité de leur souvenir.

Pour l'Académie des Sciences, il avait, dès 1908, consacré d'importantes sommes à la célèbre *fondation Bonaparte*, destinée, suivant son expression, à « provoquer des découvertes en facilitant les recherches des travailleurs

ayant déjà fait leurs preuves en des travaux originaux, et qui manqueraient de ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations »; puisse son exemple trouver des imitateurs, au grand profit de la Science et pour le bon renom de notre Pays.

Le prince Bonaparte était d'une haute stature; sa voix forte, souvent impérieuse, saccadée, avait un je ne sais quoi de militaire. Sa robuste constitution lui promettait encore de longues années; mais une cruelle maladie, qui l'a tenu éloigné de nos séances pendant près d'une année, l'a enlevé à l'affection de sa famille, de notre Académie et de nombreuses Sociétés savantes, le 14 avril dernier.

On a reproché aux Académies, tantôt de vivre surtout dans le passé, — tantôt de trop s'attacher à des recherches sans utilité pratique, autrement dit de négliger les applications.

Ce reproche n'est pas d'hier, car après la mort de Colbert, lorsque Louvois l'eut remplacé comme « protecteur » de l'Académie des Sciences, il souhaita, dit le spirituel Fontenelle, historien de l'Académie, qu'elle « s'appliquât principalement à des travaux d'une utilité sensible et prompte ». Ce souhait, qui alors était un ordre, et qui a été reproché à l'impérieux ministre, semblait ignorer que la pratique prompte est surtout fille de la théorie, et que ce sont les découvertes de laboratoire qui préparent celles de l'industrie. Aujourd'hui les exemples abondent qui le montrent à tous les yeux.

Fidèle à cette idée, l'Académie des Sciences a toujours appelé à elle de grands réalisateurs, sauf à hésiter parfois sur le choix de la section où elle devait les placer. Même, allant plus loin, elle a créé pour eux, en 1918, la division des *Applications de la Science à l'Industrie*.

Un des premiers membres de cette nouvelle division fut le comte de **Chardonnet** (¹), l'inventeur de la soie artificielle.

Il naquit à Besançon le 1er mars 1839, et après des études faites dans sa

(¹) Louis-Marie-Hilaire *Bernigaud*, comte de Chardonnet *de Grange*, était issu d'une famille bourguignonne; son arrière grand-père, Bernigaud de Grange, fut président de l'assemblée de la noblesse et député du baillage de Chalon-sur-Saône en 1789.

Attaché longtemps à la personne du comte de Chambord, notre futur confrère conserva cette charge jusqu'à la mort du prince, puis il reporta ses affections dynastiques sur la branche espagnole des Bourbons, comme en témoignent divers de ses articles de presse.

famille, sous la direction de son père, il fut admis à l'École Polytechnique en 1859; de là, son rang de sortie le conduisit à l'École des Ponts et Chaussées.

Pour des raisons de famille, il démissionna d'élève-ingénieur et entreprit des voyages à l'étranger; puis il s'occupa de cultures diverses. En même temps il étudia des procédés scientifiques applicables à l'industrie, tout en s'adonnant à la philosophie des Sciences.

Par son mariage avec M^lle de Ruolz (1866) il devint le neveu d'un inventeur et réalisateur de grand mérite, dont il suivit l'exemple en créant dans sa maison un important laboratoire; et il passait à Besançon la plus grande partie du temps que lui laissaient ses fonctions à la petite cour du comte de Chambord. C'est dans cette capitale de la Franche-Comté, où la présence d'une Université lui permettait de fréquenter des savants éminents, qu'il effectua nombre d'études dont l'originalité reste frappante après bien des années. Il y dirigea quelque temps les travaux de ses amis, comme président de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Besançon, et aussi de la Société d'Émulation du Doubs.

Observateur passionné de la nature, il cherchait à ramener à des théories physiques bien établies les particularités des phénomènes qui lui semblaient les plus intéressants; il laissait ensuite se développer, suivant les circonstances, le champ de ses investigations. C'est ainsi qu'en étudiant l'action de la lumière sur la croissance des végétaux, il fut conduit à des recherches sur l'absorption des radiations invisibles, recherches qu'il étendit aux corps les plus divers; il réalisa ainsi des expériences remarquables qui l'orientèrent vers les phénomènes de la vision.

Son œuvre capitale est l'invention de la *soie artificielle* qui porte son nom. C'est en 1883 qu'il entreprit cet ordre de recherches, à la suite d'un rapport qui lui avait été demandé sur l'industrie de la soie; et la mise au point de la fabrication, où tout était à créer, a exigé 30 années d'efforts, pour choisir la meilleure matière première, qui est une solution de coton nitré, — le moyen de la filer, — de la dénitrer après filage, — de la mouliner, etc. Guidé par sa perspicacité innée, il a su copier la nature, s'inspirer de ses procédés, toujours merveilleux. Ainsi il avait vu que le liquide avec lequel le ver à soie constitue son fil se solidifie instantanément, dès qu'il est projeté dans l'air; et il reconnut que cette solidification est due au contact d'un second liquide, sécrété en même temps par le bombyx : de là le procédé de filage adopté par M. de Chardonnet, et qui consiste à faire jaillir, par une très petite ouverture, un mince filet de collodion dans un liquide coagulant.

La fabrication complète exige de nombreuses opérations, qu'il a fallu inventer une à une. Constatons seulement que M. de Chardonnet a créé de toutes pièces une industrie nouvelle, aujourd'hui répandue dans les deux mondes, qui fait circuler des capitaux énormes et qui occupe des millions d'ouvriers. Mais, suivant une loi trop souvent vérifiée, la fortune de l'inventeur en a peu bénéficié.

La création de soies artificielles concurrentes, obtenues avec des matières premières moins onéreuses, telles que la pâte de bois, fut pour M. de Chardonnet l'occasion de récupérer de coûteux dissolvants, comme l'alcool et l'éther, que nécessite son procédé; et cette nouvelle invention, cette récupération, après avoir soulagé sa propre fabrication, a passé dans d'autres industries, dont elle augmente de même le rendement économique.

La fabrication de la soie artificielle n'a pas occupé M. de Chardonnet tout entier, loin de là. Ainsi, au cours de ses travaux sur l'absorption de la lumière, il voulut contrôler ses déductions relatives aux milieux de l'œil, en faisant observer certains phénomènes par des personnes opérées de la cataracte; mais il ne put leur faire comprendre pleinement ce qu'il attendait d'elles. Quelques années plus tard, sa vue s'étant altérée gravement, à la suite de longues études microscopiques, il dut subir à son tour l'ablation du cristallin : dès qu'il put voir de nouveau, sa première pensée fut de vérifier sur lui-même les résultats qu'il avait pressentis : rien ne montre mieux l'ardeur généreuse qu'il apportait à la poursuite de la vérité, devant laquelle disparaissait pour lui toute autre préoccupation.

Ses recherches sur l'œil des oiseaux lui ont permis d'expliquer des faits bien curieux et qui avaient jusque-là dérouté les plus habiles. Ainsi il a montré que si le coq est hypnotisé devant un point brillant, c'est qu'il se rend volontairement et automatiquement aveugle; — et que si l'aigle paraît regarder le soleil en face, c'est qu'en réalité il ne le voit pas. Il a étudié aussi le téléphone, l'automobile, la photographie dans l'obscurité, la navigation aérienne; il a créé un actinographe permettant de mesurer l'influence de l'altitude sur les variations d'intensité des diverses parties du spectre solaire.

Tant de travaux, qui lui avaient valu une grande renommée, le désignaient à votre choix pour entrer dans la division des Applications de la Science à l'Industrie, et il fut élu le 12 mai 1919. Cette consécration lui apporta une grande joie, et nul ne témoigna plus de dévoûment à notre Académie, plus d'attachement à ses traditions. Il fut aussi très heureux de la représenter,

dans sa ville natale de Besançon, aux fêtes mémorables données à l'occasion du centenaire de Pasteur. Et qui s'en étonnerait? Quand nous avons vieilli, nous aimons à revoir la petite patrie, jadis témoin de nos jeux d'enfant ; nos contemporains, s'il en reste, témoignent quelque fierté des succès qu'ils auraient pu avoir eux-mêmes ; et les objets familiers, la maison paternelle, plus stables par nature, réflètent notre satisfaction intérieure. En cela d'ailleurs tout n'est pas vain, si nous avons pu, ne fût-ce qu'une fois, donner à des simples, à des enfants, ou un exemple, ou un bon conseil.

Nous avons tous apprécié l'aménité des manières de M. de Chardonnet, la sûreté de ses relations. Il aimait à se trouver au milieu de ses confrères, et c'est à eux qu'il consacra sa dernière sortie, car, déjà souffrant, il assistait encore à notre séance du 3 mars dernier. Huit jours après, le 11 mars, il mourut presque subitement, après avoir donné l'exemple d'une vie toute d'honneur, longue et bien remplie, sans que la mort ait pu le surprendre. C'est que ce philosophe, ce profond scrutateur de la nature, avait vu qu'au milieu des perpétuelles et rapides transformations de notre corps l'âme qui l'anime est permanente, que la mort du corps est la naissance de l'âme à une vie supérieure.

Je vous parlerai brièvement de Sir *Archibald* GEIKIE, l'illustre Associé étranger que nous venons de perdre, parce que notre savant Secrétaire perpétuel, M. Lacroix, nous a rappelé ses grands travaux (¹), il y a peu de jours.

Il naquit à Edimbourg le 28 décembre 1835. A vingt ans il devint assistant au Service géologique de l'Écosse, et y conquit rapidement l'estime de ses chefs; aussi lorsque, en 1867, ce service devint autonome, A. Geikie en devint le premier directeur.

En 1871 il fut nommé à la Chaire de Géologie et de Minéralogie qui venait d'être créée à l'Université de sa ville natale; en 1881 il devint directeur général du Service géologique de la Grande-Bretagne et directeur du Musée de Géologie pratique.

Ses travaux personnels, très variés, ont porté surtout sur l'histoire de l'action volcanique dans les Iles Britanniques.

Élu correspondant de notre Académie, pour la Section de Géologie et Minéralogie, le 2 mars 1891, il devint Associé étranger le 26 novembre 1917.

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 179, séance du 17 novembre 1924, p. 1001-1004.

Sa mort, survenue le 9 novembre dernier, ravit à l'Angleterre l'un de ses savants les plus respectés, et à la France un ami de la première heure.

Nous n'avons pas perdu cette année moins de six correspondants, dont trois nationaux et trois étrangers. Dans le temps mesuré dont je dispose, je ne saurais rappeler tous leurs travaux, comme il conviendrait; vous me permettrez donc de renvoyer aux Notices qui déjà ont été données dans nos *Comptes rendus*.

Claude GUICHARD (1) fut un géomètre inventeur et puissant qui a honoré l'enseignement universitaire, successivement dans les Facultés de Nancy, de Rennes, de Clermont-Ferrand et enfin de Paris.

Édouard STÉPHAN (2), ancien directeur de l'Observatoire de Marseille, fut, à l'École Normale supérieure, le premier de sa promotion et, à sa sortie, en 1862, il se vit appelé par Le Verrier à l'Observatoire de Paris. Chargé, peu après, de diriger le nouvel observatoire de Marseille, il y a découvert et mesuré environ 800 nébuleuses, tandis que ses collaborateurs découvraient nombre de comètes et de planètes. Il eut aussi le mérite d'employer le premier, pour la mesure des diamètres stellaires, une méthode due au génie de Fizeau, et qui depuis s'est montrée extrêmement féconde.

Eugène SIMON (3) fut un naturaliste de race qui a fait progresser l'Ornithologie, même la Mycologie, et qui, après avoir écrit une monumentale *Histoire naturelle des Araignées*, a légué au Muséum d'Histoire naturelle de riches collections, réunies au cours de ses divers voyages dans plusieurs parties du monde.

Le professeur *J.-E.-B.* WARMING (4), directeur du Jardin botanique de

(1) Né à Azé (Saône-et-Loire) le 28 décembre 1861; — élu correspondant de la Section de Géométrie le 28 mars 1904; — mort à Paris le 12 mai 1924. Voir *Comptes rendus*, t. 178, séance du 12 mai 1924, p. 1581.

(2) *Jean-Marie-Edouard* STÉPHAN, né à Sainte-Pezenne (Deux-Sèvres), le 31 août 1837, — élu correspondant de la Section d'Astronomie le 24 février 1879; — mort à Marseille le 31 décembre 1923. Voir *Comptes rendus*, t. 178, séance du 2 janvier 1924, p. 21-24.

(3) *Eugène-Louis* SIMON, né à Paris le 30 avril 1848; — élu correspondant de la Section d'Anatomie et Zoologie le 22 novembre 1909; — mort à Paris le 17 novembre 1924. Voir *Comptes rendus*, t. 179, séance du 17 novembre 1924, p. 1004-1006.

(4) *Johannes-Eugenius-Bülow* WARMING, né à Mano (Jutland) le 3 novembre 1841; — élu correspondant de la Section de Botanique le 7 mars 1904; — mort à Valby, près de Copenhague, le 2 avril 1924. Voir *Comptes rendus*, t. 178, séance du 28 avril 1924, p. 1441-1442.

l'Université de Copenhague, voyagea de bonne heure au Brésil et en rapporta de riches matériaux botaniques, dont il composa un grand ouvrage sur la flore du Brésil austral. Il étudia aussi la végétation du Groënland et fut un des créateurs de la Géographie botanique.

Le professeur DE TONI [1], enseigna successivement à Padoue, Parme, Camerina, Sassani, et enfin à l'Université de Modène, dont il dirigea aussi le Jardin botanique. Son œuvre capitale est la description de toutes les algues connues, dans un ouvrage monumental qui forme 6 volumes.

Jacques LOEB [2], d'origine allemande, était fixé depuis longtemps aux États-Unis, où il professa d'abord à Chicago, puis à Berkeley en Californie. Dans la suite il dirigea la station maritime de Woods-Hill, aux Bermudes, où il est mort. Il fut à la fois biologiste, physiologiste et chimiste : dans ces diverses branches il a laissé une trace profonde. Sa découverte la plus retentissante a été celle de la parthénogénèse artificielle, de la fécondation chimique. Ses ouvrages, traduits en français pour la plupart, ont exercé une grande influence sur les jeunes générations.

Telle est, Messieurs, la liste, bien longue hélas! de nos deuils; au nom de l'Académie je m'incline avec un profond respect devant tous ces hommes éminents, ces infatigables travailleurs, qui ont cultivé la Science avec un absolu dévoûment; leurs mémoires nous sont très chères et leurs exemples nous inspireront.

Et maintenant, je salue ceux que vous avez appelés à leurs places, pour saisir le flambeau que la mort avait arraché de leurs mains. Ce sont Messieurs :

Maurice *de Broglie*, Alexandre *Desgrez* et Paul *Séjourné* parmi les Membres libres;

Charles *Rabut* et Georges *Claude* pour les Applications de la Science à l'Industrie;

Serge *Winogradsky* pour les Associés étrangers.

---

(1) *Giovanni-Battista* DE TONI, né à Venise le 2 janvier 1864; — élu correspondant de la Section de Botanique le 23 juin 1924; — mort à Modène le 31 juillet 1924. Voir *Comptes rendus*, t. 179, séance du 18 août 1924, p. 365-366.

(2) *Jacques* LOEB, né à Mayen, (Prusse Rhénane) le 7 avril 1859; — élu correspondant de la Section d'Anatomie et Zoologie le 25 mai 1914; — mort aux Bermudes le 14 février 1924.

Enfin six Correspondants ont été élus dans nos diverses sections :

Le P. *Berloty* dans celle de Géographie et Navigation ;

Sir William *Pope* pour la Chimie ;

G.-B. *de Toni*, qui n'a fait que passer parmi nous, pour la Botanique ;

E.-B. *Wilson* et J. *Schmidt* pour la section d'Anatomie et Zoologie ;

Enfin M. Félix *Lagrange* pour la Médecine et Chirurgie.

Tous sont des maîtres depuis longtemps, car aujourd'hui plus qu'autrefois, on n'arrive parmi vous qu'à un âge assez avancé.

Tout à l'heure, notre éminent Secrétaire perpétuel, M. É. Picard, va donner la liste de nos lauréats. Dans le nombre ne figure pas celui du grand prix Osiris, décerné par l'Institut tout entier. Or, son attribution n'était pas encore faite lors de la séance de l'Institut du 25 octobre dernier. C'est donc ici que peut trouver place la mention de celui de ces prix qui a été attribué à la Science, et je suis heureux de proclamer le nom de l'éminent physicien, M. Charles *Fabry*, qui a obtenu cette récompense exceptionnelle.

A l'occasion de la création de la Stéréochimie, dont le Cinquantenaire est célébré aujourd'hui même, l'Académie des Sciences a, de son côté, décerné la médaille Lavoisier à M. Achille *Le Bel*, auteur, avec Van' t Hoff, de cette féconde théorie.

Tous ces hommes d'élite, les vivants après les morts, ont apporté chacun sa pierre au grand édifice que constitue la Science actuelle. Jetons un coup d'œil rapide sur les parties qui ont été élevées depuis le début du XIXe siècle ; je suivrai l'ordre classique.

Au premier rang on rencontre d'abord les MATHÉMATIQUES pures (Arithmétique, Algèbre, Géométrie, Analyse). Leurs progrès sont trop considérables et trop abstraits pour que je puisse les énumérer en détail. Le fait le plus frappant est peut-être qu'après avoir été considérées comme entièrement *a priori*, comme relevant uniquement de la raison pure, on pense maintenant qu'elles relèvent aussi de l'expérience, notamment la Géométrie. Cependant un abîme les sépare encore des sciences de la nature.

Pour la MÉCANIQUE générale, on a pu dire que ses principes nous sont venus du ciel, ce qui est une réponse à l'utilitarisme outré dans l'éducation : en grande partie, en effet, ces principes ont été déduits des mouvements planétaires, dont les lois ont conduit à la découverte de la gravitation universelle. Depuis lors, le XIXe siècle a édifié la mécanique moléculaire, la mécanique industrielle, et, dans l'ordre des applications, développé extraordinairement l'emploi de la vapeur, puis des moteurs à explosion, de

formes si variées. Ces moyens mécaniques se sont substitués de plus en plus à la force musculaire de l'homme et des animaux, sur terre, sur mer et dans les airs. Les découvertes récentes de la Physique mettent en question les principes de la Mécanique newtonienne; mais tout le monde s'accorde à reconnaître qu'elle constitue au moins une première et très grande approximation, dans l'étude des phénomènes au milieu desquels nous vivons.

La PHYSIQUE a développé simultanément ses branches multiples : l'*Électricité*, renouvelée par l'invention de la pile, s'enrichit de l'électro-magnétisme, de l'électro-dynamique, de la connaissance de l'induction aujourd'hui multiforme, et constitue dès lors un compartiment immense avec d'innombrables applications : télégraphie électrique, thermo-électricité, galvanoplastie et bien d'autres. En même temps, l'électricité et le magnétisme, restés longtemps deux domaines distincts, sont ramenés à l'unité de principe. Puis à la fin du XIX^e siècle, l'électricité sort du laboratoire pour pénétrer dans l'industrie, et maintenant elle concurrence la vapeur.

Pour la *Chaleur*, on assiste à la naissance de la Thermodynamique, embryon d'une science aujourd'hui beaucoup plus vaste, l'*Énergétique*, basée sur le principe nouveau de la conservation de l'énergie. La chaleur, regardée comme une substance, le calorique, devient un simple phénomène, un mouvement; et la Physique se fond dans un chapitre de la Mécanique.

En *Optique*, la découverte de la polarisation de la lumière assied la Physique de l'Éther, et rapidement se constitue la grande théorie des ondulations, substituée à celle de l'émission, en attendant, de la part de celle-ci, une contre-offensive qui se développe sous nos yeux. D'après la théorie ondulatoire, l'impression de lumière sur notre œil est produite par le passage d'ondes qui, avec une vitesse extraordinaire, se propagent dans l'éther; et ce passage se traduit pour nous par un mouvement vibratoire d'une fréquence prodigieuse : un milliard de vibrations en un millionième de seconde.

La rotation du plan de polarisation de la lumière, sous l'influence d'un champ magnétique, vient établir un lien entre la lumière et le magnétisme, déjà lui-même rattaché à l'électricité.

Parmi les grandes applications de l'Optique, nous trouvons la Photographie et l'Analyse spectrale. En trois quarts de siècle, la *Photographie* apporte les secours les plus efficaces à beaucoup de sciences et se mêle jusqu'aux détails les plus infimes de notre vie quotidienne. Quant à la *Spectroscopie*, elle s'est adaptée aussi à beaucoup de sciences, et a créé, pour ainsi dire, une nouvelle et vaste branche de la science des astres, l'*Astro-*

physique. Contre toute attente, elle nous a révélé la nature des substances qui constituent les corps célestes, jusqu'aux plus éloignés; l'homme apprend ainsi que ces substances sont celles même qui constituent notre Terre, et acquiert une vue nouvelle sur l'admirable unité de constitution de l'Univers. Aujourd'hui la spectroscopie va même plus loin : elle fait connaître la température des astres, leurs distances et les vitesses de leurs déplacements : nous savons ainsi que la température de certaines étoiles atteint 15 000° et qu'il y a des astres qui se déplacent à la vitesse de 1000 kilomètres par seconde.

La Chimie, qui venait d'être renouvelée par la notion de corps *simple*, et par le principe provisoire de la conservation de la matière, établit les lois fondamentales des proportions définies, — puis des proportions multiples, — et les explique avec élégance par l'hypothèse des molécules et des atomes, en partie renouvelée des Grecs. Cette hypothèse est confirmée coup sur coup par la loi d'égalité de dilatation de tous les gaz, — par celle de leurs combinaisons en volumes simples; et ainsi la théorie cinétique des gaz, déjà vieille de près d'un siècle mais oubliée, prend dans la Science une place importante : avec elle on entrevoit que, pour tous les gaz, pris dans des conditions identiques de température et de pression, un même volume doit contenir des nombres égaux de molécules.

La Chimie minérale continue ses progrès, tandis que la Chimie organique se constitue, prend un développement extraordinaire, et réalise artificiellement des corps innombrables que la nature ne nous présente pas. Elle constate aussi que tous les êtres vivants, végétaux et animaux, sont essentiellement formés de 4 corps élémentaires, carbone, oxygène, hydrogène et azote, c'est-à-dire de charbon avec 3 gaz qui sont les éléments de l'eau et ceux de l'air : harmonie nouvelle qui confirme l'existence d'un ordre dans l'Univers. Quant aux applications de la Chimie, elles sont innombrables; je rappellerai seulement d'un mot leur importance pour l'Agriculture et pour toute notre vie pratique.

Les contacts multipliés de la Physique et de la Chimie sont devenus plus étroits, et nous avons vu naître une Science nouvelle, la *Physico-Chimie*, qui nous a révélé, entre autres, l'ordre de grandeur, ou plutôt de petitesse, de la molécule et de l'atome.

La découverte des corps radioactifs est venue renouveler la Physique moléculaire, tout en mettant en évidence la fragilité de nos conceptions théoriques sur la constitution de la matière : l'atome n'est plus insécable; il est même très complexe, et constitué, comme le système solaire, d'un

noyau (*proton*) relativement énorme, entouré de corpuscules (*électrons*) encore bien mystérieux. Puis, les corps simples ne sont plus immuables; certains n'ont qu'une vie limitée, même très courte parfois.

Une autre notion, celle d'*isotopie*, très récemment acquise, est venue éclairer la Chimie moléculaire.

Entre temps, l'homme apprend à ausculter la Terre jusqu'au centre par la *Sismologie*, — à explorer l'atmosphère par l'*Avion*, qui lui permet de lutter avantageusement de vitesse avec l'oiseau. En outre, par la découverte de la Télégraphie et de la Téléphonie sans fil, les habitants de la Terre peuvent converser par-dessus les continents et les mers, comme s'ils étaient réunis dans un salon, en attendant que la Télévision leur permette de se voir.

Après avoir insisté sur les Sciences physiques, je dois passer rapidement sur celles dites NATURELLES, où les découvertes n'ont pas une moindre portée. Rappelons seulement la création pastorienne de la *Microbiologie*, qui a transformé la Chirurgie, la Médecine, supprimé nombre de maladies terribles comme la rage, le croup, la peste, en nous laissant espérer de vaincre prochainement la tuberculose et le cancer.

Qui ne serait transporté d'admiration à la vue de tels résultats? C'est l'homme pliant à son usage les forces de la nature, s'asservissant les énergies naturelles, et améliorant ainsi, dans des proportions inespérées, les conditions matérielles de sa vie terrestre. Aussi certains esprits ont cru que la Science suffirait à tout, pour satisfaire même le cœur de l'homme; autrement dit, ils ont voulu y voir la Religion de l'avenir, tandis que d'autres parlaient de la faillite de la Science.

Pour éclaircir cette énigme, approchons du superbe édifice et d'abord examinons ses fondations.

A la base même, nous constatons que la Physique, par exemple, s'occupe uniquement des phénomènes et de leurs relations numériques : ainsi, elle prend une certaine quantité de gaz, la soumet à diverses pressions, et constate que les volumes sont en raison inverse de ces pressions : c'est une loi. Mais elle s'arrête aux apparences, à la simple enveloppe des choses, car elle ne se demande pas encore ce que c'est qu'un gaz; elle ignore si derrière ces apparences il y a quelque réalité objective; et si cette réalité existe, elle ne peut la saisir.

Certains penseurs contestent même la réalité objective de toutes nos perceptions, de sorte que l'intelligence humaine serait vouée à une perpétuelle illusion.

Mais, passons! Le physicien dans son laboratoire ne s'embarrasse pas de ces questions; comme on l'a dit, pour faire la Science il faut croire à la Science; le savant y croit, et il crée les merveilleuses applications que nous connaissons. Il croit même avoir pénétré assez profondément dans la nature des phénomènes, dans la constitution intime de la matière, pour nous assurer que nos impressions de chaleur, de lumière, etc., sont produites par ces vibrations extraordinairement rapides dont j'ai dit un mot, — que tous les corps, ou au moins les gaz, sont constitués par d'innombrables petites masses, — molécules, atomes, — dont les dimensions atteignent à peine le dixième d'un millionième de millimètre, de sorte que la masse de l'atome d'hydrogène est à celle de notre corps comme celle-ci est à la masse du Soleil, — qu'il faut en réunir 20 milliards pour faire un milliardième de milligramme, — que dans un centimètre cube d'air il y a 30 milliards de milliards de molécules, — que les molécules d'hydrogène contenues dans un centimètre cube, mises bout à bout, formeraient un chapelet de longueur égale à 100 fois le tour de la Terre. Et chaque atome est aussi complexe que le système solaire!

Mais ce n'est pas tout. Les molécules gazeuses, dit-il, sont animées dans toutes les directions, de vitesses atteignant près de 2000 mètres par seconde, vitesses qui se conservent indéfiniment, car la Science ne voit pas de cause capable de créer, non seulement le mouvement de cette extraordinaire fourmilière, mais le mouvement d'une seule de ces molécules; ce mouvement n'aurait pas eu de commencement et il n'aurait jamais de fin!

A ne considérer que la seule atmosphère de notre Terre, point perdu de l'espace, quelle Puissance n'a-t-il point fallu pour la créer! On est pris de vertige quand on songe aux corps innombrables qui constituent l'Univers, à ces millions d'étoiles que nous montre l'Astronomie, à ces milliards qu'elle nous fait soupçonner, tellement éloignées que leur lumière, à la vitesse de 300000 kilomètres par seconde, met des millions d'années à nous parvenir.

Et alors, n'est-il pas vrai que, puisque dans l'ordre physique la Science lui affirme des choses si extraordinaires, l'homme ne doit pas rejeter sans un sérieux examen les intuitions de l'ordre sentimental par exemple?

Si nous passons à l'ordre physiologique, nous ne rencontrons pas moins de questions troublantes. Considérons la matière organisée, sous sa forme simple, la cellule avec son noyau : le microscope nous la montre capable de se dédoubler, de se nourrir, de se multiplier indéfiniment. Certaines bactéries se divisent en quelques minutes, de sorte qu'il se produit 70 géné-

rations par jour; et en leur fournissant la matière inerte nécessaire à leur nourriture, le nombre des individus qui composent cette seule famille est si grand qu'après une journée leur masse atteint 5000 tonnes! C'est la vie multipliée avec une telle prodigalité que les mots nous manquent pour l'exprimer. Et cependant la Science se déclare totalement incapable de créer une seule cellule! Le problème de la vie nous échappe complètement, déclarent à la fois les physiologistes et les philosophes. Bien plus, on nous dit que « *l'intelligence est caractérisée par une incompréhension naturelle de la vie* (1).

On s'est demandé si la Science augmente le bonheur de l'homme : à cela on ne peut répondre, car le bonheur est chose trop subjective : nombreux sont ceux qui après avoir satisfait par la Science d'anciens appétits, s'en créent de nouveaux; et leur bonheur n'en est pas augmenté.

D'autres ont prétendu que la Science diminue plutôt le bonheur de l'humanité; et la grande guerre pourrait appuyer leur opinion. En réalité son immense puissance est tantôt utile, et tantôt dangereuse, suivant la direction que leur imprime la volonté humaine; car la matière est indifférente à nos intentions; et cela même établit entre la matière et l'esprit cette barrière infranchissable que méconnaissent les systèmes matérialistes. Le même fer peut être employé pour moissonner ou pour tuer, comme la raison humaine pour servir aux fins les plus généreuses ou aux plus abominables forfaits. L'étude des Sciences, détournée d'un idéal de devoir et de droit, disciplinée en vue de la domination, peut conduire à une civilisation d'égoïsme et de matérialisme, qui n'est qu'une barbarie savante.

Cette liberté de notre volonté crée pour le savant — prêtre de la Science — des droits et des devoirs.

Sur le terrain scientifique, il a tout droit à l'hypothèse, qui est un de ses moyens de travail; mais, sous peine même de nuire à la Science, il doit s'interdire de porter ses hypothèses sur un terrain qui lui est étranger, comme l'employer pour battre en brèche les intuitions du sentiment : c'est ce qu'un exemple assez récent, tiré de l'hypothèse transformiste de Darwin, peut mettre en évidence.

On connaît les discussions violentes que cette hypothèse a suscitées dans la seconde moitié du XIXe siècle, parce que certains de ses adeptes la portaient sur le terrain de la morale, pour ébranler des croyances traditionnelles; même ils ne cachaient pas toujours la pitié que leur inspiraient les personnes,

(1) H. Bergson, *L'Évolution créatrice*, p. 179.

car Hœckel a écrit, en leur nom, — sans aucune modestie, — que désormais on apprécierait l'intelligence des hommes suivant la facilité plus ou moins grande avec laquelle ils admettent la doctrine évolutive. Or, aujourd'hui, les physiologistes professent que le darwinisme primitif a fait faillite; bien plus, la théorie de la descendance donne une base physiologique à un dogme très souvent attaqué, celui d'une chute originelle.

Comme la hauteur de caractère et la valeur morale ne sont pas toujours à la hauteur de l'intelligence et du talent, certains savants ont été accusés de « dresser des tréteaux » devant la maison de la Science, et l'ont ainsi compromise; mais la Science elle-même les désavoue. Sans doute, beaucoup de savants du XIXe siècle croyaient lui avoir tracé des cadres définitifs; mais ils oubliaient que lorsque des phénomènes nouveaux viennent troubler l'artificielle harmonie de ses constructions, la Science change ses théories et ses concepts. Ainsi un de ses caractères est d'être continuellement mobile, toujours en construction : c'est un perpétuel devenir. Son domaine est ainsi distinct de celui de la Religion, et nous retrouvons ce que Pascal a si bien exprimé : *le cœur a ses raisons que la raison ne connaît pas.*

En terminant, je voudrais adresser un appel aux jeunes, détournés aujourd'hui du travail scientifique par la situation pénible que les événements ont créée aux travailleurs intellectuels. A tous je recommande le travail en général, parce qu'il est une loi universelle, et parce qu'il offre à tout instant un dérivatif aux tribulations de la vie, à l'ennui comme à la souffrance. Chevreul, expert en la matière, disait que « le travail est une des conditions essentielles pour une vie centenaire ».

Le travail intellectuel, en particulier, réserve des satisfactions incomparables, comme toute recherche de la vérité. Sans doute, il ne conduit pas à la fortune, mais que réserve l'avenir à ceux, si nombreux, qui préfèrent l'Industrie à la Science? Enfin, il n'y a pas incompatibilité entre elles : nous en venons de voir des exemples. A la place des existences passionnées qui dévorent tant de vies, l'étude et le laboratoire promettent le calme que possède rarement le chef d'industrie, et qui s'harmonise si bien avec la santé physique et morale. D'ailleurs, en temps de paix au moins, il n'est pas de meilleur moyen de servir son Pays.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1924.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Vessiot**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCŒUR.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Ernest Malo**, commandant du génie, pour ses recherches d'algèbre et d'arithmétique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Kœnigs, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à MM. **Eugène Huguenard**, ancien élève de l'École Normale supérieure, agrégé de l'Université, professeur adjoint au Conservatoire national des Arts et Métiers; **Antoine Magnan**, docteur ès sciences et en médecine, directeur à l'École pratique des Hautes Études; **André Planiol**, docteur ès sciences, ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Aéronautique, pour les importants perfectionnements qu'ils ont apportés à la méthode du fil chaud dans les recherches sur le mouvement de l'air et pour les applications heureuses qu'ils en ont faite à l'étude de la structure du vent.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Kœnigs, rapporteur.)

C'est au printemps 1827 que le jeune ingénieur Fourneyron, âgé de 24 ans, produisit l'invention de sa fameuse turbine qui ouvrait une ère nouvelle à la technique hydraulique. Cette mémorable découverte était le terme d'une longue série de travaux d'approche dont les premières manifestations remontent à la plus lointaine antiquité. Les plus modernes ont eu pour auteurs principaux : Branca, Bélidor, Léonard Euler et son fils Albert, Navier, Burdin. Plusieurs de ces

inventions restèrent, il est vrai, à l'état de projet écrit ou furent arrêtées à la suite d'essais qui en avaient montré l'inanité. Dans un mémoire présenté à l'Académie, M. **Marcel Crozet-Fourneyron**, arrière-neveu du grand inventeur, a tracé un historique critique de ces divers efforts. Son exposé, plein de force et d'attrait, met bien en relief les difficultés du problème ainsi que la genèse des idées du jeune inventeur et fait saisir quel sens aigu des nécessités il a dû mettre en œuvre pour aboutir à sa merveilleuse découverte.

« Supprimer dans la roue nouvelle à créer tout espace, toute capacité inutile ou dans lesquels l'eau n'exercerait pas constamment une action concourant à la réalisation de l'effet à produire; en outre, réduire au maximum possible le temps de séjour de l'eau dans la roue; enfin, amener l'eau dans la roue sans perte de chute et, par conséquent, supprimer tous les chenaux inclinés, tous les tuyaux à petite section que l'on rencontre dans les moteurs antérieurs à 1827 ». Ainsi s'exprime Benoît Fourneyron dans le mémoire couronné en 1833 par la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

M. Marcel Crozet-Fourneyron, en même temps qu'il apportait ce travail historique et critique à l'Académie, lui en présentait un autre plus original concernant la régulation des moteurs hydrauliques. La résistance qu'éprouve la manœuvre des vannes d'accès de l'eau oblige à recourir à des organes intermédiaires, d'où résulte la production d'oscillations à longue période qui rendent précaire la régulation du moteur. On a, il est vrai, cherché un palliatif dans l'asservissement. Mais à ce procédé compliqué, M. Marcel Crozet-Fourneyron a voulu substituer une solution plus simple en attaquant le problème par un autre bout. Il s'est proposé de rendre moins dure la manœuvre de la vanne en lui imprimant un mouvement louvoyant, c'est-à-dire en lui communiquant un rapide mouvement de rotation autour d'un axe parallèle à la direction du déplacement de cette vanne. On sait que si la vitesse de la rotation est assez grande, le pas du mouvement hélicoïdal qu'effectue la vanne est très fin, en sorte que la résistance à son déplacement suivant l'axe du mouvement hélicoïdal se trouve fort réduite. L'auteur a très ingénieusement utilisé ce principe en rendant la vanne solidaire du manchon même du régulateur à force centrifuge. Son dispositif a été construit et fonctionne dans plusieurs installations industrielles où il assure automatiquement et abandonné à lui-même, une marche régulière en régime.

En résumé, tant par l'esprit critique qu'il a mis en œuvre dans son travail historique sur la genèse de la turbine de Fourneyron, que par l'ingéniosité et l'habileté techniques dont il a fait preuve dans son élégant dispositif de régulation, M. **Marcel Crozet-Fourneyron**, s'est montré digne de recevoir le prix Fourneyron pour l'année 1924.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Kœnigs, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

M. **Georges Routin**, directeur technique du laboratoire d'essais et recherches de la Société hydrotechnique de France à Beauvert, près Grenoble, s'est spécialisé dans les études concernant l'hydraulique et ses applications. Prenant comme point de départ le mémoire classique de notre regretté confrère Léauté sur les oscillations à longue période, il a étendu la méthode au cas de la régulation indirecte par servomoteur, et il a montré que la stabilité du régime peut être obtenue en munissant cet appareil d'une came courbe dont il a déterminé la forme. Il a établi nettement la distinction entre l'asservissement, la compensation et la décompensation. Il a, d'autre part, cherché à utiliser, pour la régulation, outre les indicateurs de vitesse (tachymètres), les indicateurs d'accélération (spendomètres).

On peut également citer, à l'actif de M. Routin, un ouvrage sur les Centrales hydrauliques et un Cours d'hydraulique industrielle professé à l'Institut polytechnique de Grenoble, puis publié en 1922.

Ajoutons que le laboratoire de Beauvert, unique en Europe pour les essais hydrauliques, est en grande partie l'œuvre personnelle de M. Routin.

La Commission estime que cet ensemble de titres désigne M. **Routin** pour l'obtention du prix Boileau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Sebert, rapporteur.)

Sous le titre *Essai de balistique aérienne*, M. le commandant **Paul Bloch**, ancien élève de l'École polytechnique, a présenté à l'Académie, pour concourir au Prix Henri de Parville, de 1924, un travail dans lequel il étudie les lois du mouvement d'un mobile, tel qu'une bombe d'avion, abandonné dans l'espace aérien avec une certaine vitesse horizontale et soumis à l'action de la pesanteur et de la résistance de l'air.

Dans ce travail, il indique dans quelles conditions un mobile de ce genre pourra atteindre un point de la surface terrestre, fixé à l'avance, en tenant compte des conditions spéciales du tir et des influences perturbatrices diverses auxquelles il peut être soumis.

Après avoir, au début de son travail, établi qu'il pourra y avoir intérêt à utiliser la plus forte altitude possible pour le tir des bombes d'avions, il donne les formules à adopter pour calculer avec précision tous les éléments des trajectoires de ces bombes, dans les limites les plus étendues pratiquement réalisables et il formule les règles à adopter pour l'exécution des tirs de ces bombes.

Il examine, en particulier, les influences perturbatrices résultant de la variation de l'accélération terrestre avec l'altitude et aussi de la rotation de la Terre pour cette même altitude.

Enfin, il s'occupe, tout spécialement, de l'influence du vent sur le tir à la bombe et signale les inconvénients qu'entraîne le tir dans le lit du vent. Il étudie, en conséquence, les conditions du tir en dérive.

Il donne, en terminant, un exemple d'application numérique dans le cas d'une altitude de bombardement de 5000^m, et cet exemple fait ressortir l'intérêt pratique et l'importance de son travail auquel la Commission est d'avis d'accorder le prix H. de Parville, destiné à récompenser des travaux originaux de mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Andoyer Boussinesq, Émile Picard, Appell; Puiseux, rapporteur.)

On sait que, vers la fin du siècle dernier, les progrès inespérés réalisés par Paul et Prosper Henry dans la construction des lunettes photographiques ont imposé, pour ainsi dire, l'établissement d'inventaires généraux du ciel, dépassant de loin, en richesse et en homogénéité, tout ce qui avait été tenté jusque-là. Ainsi est née la double entreprise internationale du Catalogue et de la Carte, répartie par zones entre dix-huit observatoires.

Entré à l'Observatoire de Paris en 1904, M. **Jules Baillaud** a été l'élève direct des deux astronomes dont nous venons de rappeler les noms. Après leur mort, il s'est attaché avec persévérance à continuer leur œuvre et à perfectionner leur technique. Dans cette tâche, il s'est bientôt révélé comme un initiateur et un maître, ainsi qu'en témoignent de nombreux travailleurs étrangers, qui sont venus se former à son école.

Dans ces dernières années, M. Jules Baillaud a eu la satisfaction, comme chef de service, de clore la série des documents photographiques que l'Observatoire de Paris s'était chargé de rassembler. Bien des mesures, bien des calculs sont encore à faire. Mais les études statistiques déjà exécutées montrent comme nettement susceptibles d'améliorations diverses données cosmiques importantes : coordonnées du plan moyen de la Voie lactée, situation du Soleil par rapport à ce plan, relation entre la densité stellaire et la latitude galactique.

Une surveillance constante doit être exercée sur les opérations d'héliogravure pour assurer la conformité des feuilles publiées de la Carte aux clichés originaux. Ces vérifications minutieuses ont permis de retrouver des petites planètes depuis longtemps perdues, de signaler des astéroïdes nouveaux et des étoiles que leurs rapides variations d'éclat doivent faire classer comme exceptionnelles.

Mais c'est surtout le problème qui consiste à rattacher toutes les étoiles photographiées de la zone à une échelle de grandeurs uniforme qui a donné à M. Jules Baillaud l'occasion de se montrer expérimentateur sagace et physicien averti. On lui doit notamment l'invention d'un appareil propre à mesurer avec exactitude le noircissement local d'une plaque sensible, la construction d'écrans de teinte neutre affaiblissant une source de lumière dans un rapport donné, sans changer la distribution de l'énergie dans le spectre, un procédé donnant la mesure indépendante de la sensibilité aux divers points d'une plaque photographique sans que la plaque cesse d'être utilisable sur le ciel.

La participation de M. Jules Baillaud aux tâches de longue haleine dévolues à l'Observatoire de Paris a été interrompue par de courtes missions scientifiques : observations d'éclipses, détermination de longitudes, expériences de spectroscopie stellaire au sommet du Pic du Midi. Dans les trois cas, des méthodes pleines de promesses ont été imaginées et mises au point. Il serait difficile, en quelques lignes, de caractériser ces voies nouvelles ou d'en assigner le terme. Mais la Commission estime que les résultats acquis justifient déjà pleinement l'attribution du prix Lalande à M. **Jules Baillaud.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell ; Deslandres, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **George Willis Ritchey**, ancien astronome aux observatoires Yerkes et Mount Wilson, pour ses travaux sur la construction des miroirs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAILLE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Boussinesq, Émile Picard, Appell; Andoyer, rapporteur.)

Votre Commission avait à décerner pour la première fois, cette année, le prix fondé en 1921 par M. Gaston La Caille et par Mme Henri Fischer, en souvenir de leur illustre parent, l'astronome La Caille. Les généreux donateurs ont voulu que ce prix fût destiné à récompenser des recherches originales, mettant en valeur les travaux de l'abbé La Caille, ou, à défaut de recherches spéciales de ce genre, des travaux d'astronomie générale, particulièrement des travaux d'observation de longue haleine. C'est à cette dernière intention que votre Commission s'est conformée en vous proposant d'attribuer le prix à M. **Dominique Saint-Blancat**, astronome adjoint à l'Observatoire de Toulouse.

M. Saint-Blancat est entré à l'Observatoire de Toulouse en 1879, et depuis cette époque, s'est consacré entièrement à l'astronomie. S'il a fait preuve, comme on le verra plus loin, d'un zèle admirable pour ses observations, qui sont toutes utiles et excellentes, il n'a pas négligé non plus l'astronomie théorique : dans une remarquable thèse de doctorat, qu'avait beaucoup appréciée Henri Poincaré, il a étudié l'action d'une masse intermercurielle sur la longitude de la Lune, tentant d'expliquer par la présence d'une telle masse ou d'un essaim de telles masses l'impossibilité actuelle de relier l'ensemble des anciennes observations d'éclipses aux mesures modernes, et peut-être aussi l'anomalie du mouvement du périhélie de Mercure.

Mais l'œuvre capitale de M. Saint-Blancat est la formation de deux catalogues d'étoiles importants et fort appréciés des astronomes : (Tomes IV et VIII des *Annales de l'Observatoire de Toulouse*).

Il s'agissait, après l'installation du nouveau cercle méridien de Gautier, d'obtenir le plus rapidement possible les positions de plus de 10 000 étoiles de repère, convenablement distribuées sur les clichés du Catalogue astrophotographique de Toulouse. Les observations ont duré jusqu'en 1905; chaque étoile a été observée quatre fois en moyenne; chaque soirée comportait l'observation d'un nombre d'étoiles variant de 60 à 150.

Si la durée de l'observation d'une étoile atteint à peine 2 minutes, il ne faut pas moins d'une demi-heure pour rendre le résultat utilisable, c'est-à-dire en ramener les coordonnées à une époque fixée, et donner en même temps les précessions et variations séculaires correspondantes. Le travail s'étendait ici à 80 000 coordonnées.

De même que les observations à la lunette ont été toutes faites par M. Saint-Blancat, de même les calculs de réduction ont été tous faits ou revus avec un soin méticuleux par lui.

Ces quelques détails suffisent à mettre en évidence la haute valeur des catalogues publiés par M. Saint-Blancat : obtenus dans un espace de temps relativement court par un observateur unique et particulièrement habile, ils ont la qualité suprême, celle de la parfaite homogénéité.

Les travaux si intéressants entrepris depuis quelques années par M. Cosserat sur les mouvements propres des étoiles de la zone photographique de Toulouse ont pour base les catalogues de M. Saint-Blancat et en confirment chaque jour l'excellence.

Comme La Caille, M. **Saint-Blancat** s'est montré observateur adroit, scrupuleux et intrépide, autant que calculateur habile et sûr : votre Commission estime que nul plus que lui n'est digne du nouveau prix La Caille.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Ferrié, Gentil, Guignard, Mangin, Douvillé; Bourgeois, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix au capitaine **Charles Le Maître**, chef du Service géographique du 19^e corps d'armée, au

gouvernement général à Alger, pour ses travaux cartographiques sur l'Algérie.

Le capitaine Le Maître a fait la plus grande partie de sa carrière au Service géographique, et en particulier en Algérie, Tunisie et au Maroc.

Il a pris part à tous les travaux qui ont été exécutés en Afrique du Nord depuis quinze ans, et a imaginé, en télégraphie expédiée, des procédés nouveaux et pratiques qui ont largement contribué à l'exécution rapide, tout en restant précise, de la carte provisoire du Maroc.

Pendant la guerre, le capitaine **Le Maitre** s'est fait remarquer par sa compétence dans l'établissement des plans directeurs, ce qui, après la paix, l'a fait désigner en raison de ses aptitudes comme chef du Service topographique et cartographique du Gouvernement général de l'Algérie qu'il occupe encore aujourd'hui.

Il a donné à ce service un essor tout particulier et tout à fait remarquable. Il a publié de nombreuses cartes : routières, hydrographiques, géologiques, administratives, qui rendent à notre possession d'Afrique du Nord les plus grands services, en portant tout particulièrement ses efforts sur les régions du Sud où ces cartes spéciales n'existaient pas.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Gentil, Guignard, Mangin, Douvillé; Ferrié, rapporteur.)

M. le colonel **Émile Delcambre** a appartenu pendant de longues années au Service géographique de l'Armée et a publié de nombreux et remarquables travaux et ouvrages, théoriques et pratiques, sur la topographie et la cartographie. Il faut signaler, en particulier, la haute valeur des cours qu'il a professés pendant 11 ans à l'École d'Application de Fontainebleau, sur ces spécialités, sur la géologie, l'hydrologie, etc., se montrant ainsi un digne continuateur de l'œuvre magistrale du colonel Goulier.

Après avoir rempli pendant une grande partie de la guerre les fonctions de cartographe du général Foch, le colonel Delcambre fut ensuite désigné comme chef du Bureau militaire de Météorologie. C'est dans cette branche spéciale de la géophysique, et notamment en exerçant les

fonctions de directeur de l'Office national météorologique, auxquelles il fut appelé en 1921, qu'il a donné toute sa mesure de savant spécialiste et de puissant organisateur.

S'inspirant des idées et des exemples de Le Verrier et de Teisserenc de Bort, le colonel Delcambre a présenté des conceptions météorologiques nouvelles et exécuté de très importants travaux, notamment sur les points suivants :

Propriétés des noyaux de variations de pression.

Sondages de la haute atmosphère.

Sondages de l'atmosphère par temps couvert (repérage par le son).

Propriétés des systèmes nuageux.

Action atmosphérique vis-à-vis de la balistique extérieure.

Enfin, il a établi les conditions indispensables à une organisation nationale et internationale pour la prévision du temps.

Réalisateur habile et actif, le colonel Delcambre a créé de toutes pièces la protection météorologique de la Navigation aérienne, réorganisé l'Observatoire de Trappes pour les sondages de la haute atmosphère, créé le service d'observations météorologiques du navire *Jacques Cartier* pour aboutir au réseau Atlantique puis Pacifique, constitué le service des Transmissions de l'Office national météorologique en faisant largement appel à la télégraphie et à la téléphonie sans fil, etc.

Ses travaux lui ont valu d'être nommé, par le Comité météorologique international, président de la Commission des nuages et de la Commission d'organisation d'un Bureau météorologique international.

La Commission du prix Gay estime, en conséquence, à l'unanimité, que ce prix doit être décerné en 1924 à M. le colonel **Delcambre.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Guignard, Douvillé, Mangin, Gentil; Bourgeois, Ferrié, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 1500^{fr} au commandant **Ernest Benoit**, pour ses travaux de géodésie exécutés en Indo-Chine.

Un prix de 1500^{fr} au colonel **Laurent Friquegnon**, pour l'ensemble des travaux exécutés sous sa direction par le Service géographique de l'Indo-Chine, de 1904 à 1910.

Rapport de M. le général Bourgeois, *sur les travaux de M.* **Benoit**.

Le chef d'escadron **Ernest Benoit** a fait à peu près toute sa carrière au Service géographique de l'Armée, dans les annexes coloniales. Il a pris part :

1° A la délimitation de la Guinée portugaise pendant cinq années, 1901, 1902, 1903, 1907 et 1908.

2° En 1904, 1905, 1906, 1909, 1910 et 1911, il a été exécuté d'importants travaux géodésiques en Indo-Chine.

Ces travaux, très importants, ont largement contribué à l'établissement du réseau primordial qui a servi de base aux travaux de second ordre, bases de la carte, et ont compris deux grandes chaînes méridiennes, celle d'Annam et celle du Mékong, reliées entre elles par six transversales, soit 4000^{km} de chaînes.

Le travail géodésique de triangulation a été appuyé sur deux bases mesurées sous la direction du commandant Benoit.

C'est au cours de ces travaux que le commandant Benoit établit certaines formules nouvelles de géodésie pratique dont nous parlerons plus loin.

3° Le commandant Benoit prit part également aux travaux géodésiques du Service géographique, en Algérie et Tunisie.

Nous disions que le commandant Benoit avait établi des formules nouvelles de géodésie pratique, très intéressantes.

Ces formules se rapportent à une méthode de calcul, nouvelle, des coordonnées géographiques des feuilles géodésiques.

Les formules dites des ingénieurs géographes ne donnent pas une précision suffisante pour les chaînes primordiales. Les formules dites d'Andraë, très complètes, sont d'une application compliquée. Le commandant Benoit les a très heureusement simplifiées, tout en leur conservant la précision nécessaire, même pour les chaînes de premeier ordre. Elles ont fait l'objet d'une présentation à l'Académie en 1908. Le commandant Benoit a imaginé également une méthode de détermination

des latitudes astronomiques à l'aide d'une lunette méridienne, il a perfectionné la méthode de compensation des réseaux géodésiques et enfin imaginé une méthode de calcul des points obtenus par relèvement par un procédé dit « des intersections inverses ».

Tous ces travaux, dont quelques-uns sont tout à fait remarquables, font du commandant **Benoit** un candidat des plus sérieux pour le prix Tchihatchef, et il mérite à tous les égards la distinction proposée.

Rapport de M. G. Ferrié *sur les travaux de M. le colonel* **Friquegnon.**

Le colonel **Laurent Friquegnon**, auquel la Commission propose d'attribuer une partie (la moitié) du prix Tchihatchef, a consacré vingt-cinq années de sa vie à la géographie de l'Indo-Chine. Ses explorations et ses travaux géographiques se sont suivis presque sans interruption de 1885 à 1910.

Pour ses débuts, il fait de nombreux voyages au Tonkin, dans la région de Luang Prabang avec la mission Pavie, et prend part à la confection de la première carte à $\frac{1}{100000}$ de ces régions.

Il continue ses explorations sur le littoral de l'Annam, au Laos, au Cambodge, au Yun-Nan, au Kuang-Si, dans les hautes régions du Tonkin, etc.

Adjoint en 1899 au commandant Lubanski, chef du Service géographique de l'Indo-Chine, il prend part à d'importants travaux géodésiques à Kouang-Cheou-Ouan et dirige ensuite de vastes levers dans le Delta du Tonkin.

Le colonel Friquegnon, alors commandant, fut enfin désigné comme chef du service géographique de l'Indo-Chine en 1904.

Pendant les six années de son commandement, son œuvre fut particulièrement importante, aussi bien en géodésie primordiale qu'en topographie et cartographie :

Chaîne méridienne littorale de Hué au cap Saint-Jacques (1000^{km}).

Chaîne méridienne du Mékong (1200^{km}).

Chaîne parallèle de Son-Tay, de Thanh-Hoa, de Quang-Tri, en soudure des deux méridiennes.

Triangulation de détail d'une surface d'environ $100\,000^{km^2}$.

Lever de 88 feuilles au $\frac{1}{20000}$.

Lever de 5 feuilles au $\frac{1}{40000}$.

Lever de 27 feuilles au $\frac{1}{80000}$.

Publication de 179 feuilles de cartes régulières de la colonie, etc.

Enfin, le colonel Friquegnon a fait exécuter le nivellement de précision de l'Indo-Chine pour les besoins de l'hydraulique agricole. Plus de 600^{km} d'axes fermés ont été nivelés sous sa direction.

La Commission estime donc que l'œuvre géographique très importante réalisée par le colonel **Friquegnon** en Indo-Chine justifie la proposition de lui attribuer une partie (la moitié) du prix de Tchihatchef.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Guignard, Mangin; Gentil, Douvillé, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 1000^{fr} à M. **Jacques Bourcart**, préparateur à la Sorbonne, pour ses travaux de géographie physique sur l'Albanie.

Un prix de 1000^{fr} au commandant **Édouard de Martonne**, chef du Service géographique de l'Afrique occidentale française, pour ses travaux topographiques, géodésiques et cartographiques.

Rapport de M. Douvillé *sur les travaux de M.* **Bourcart**.

M. **Jacques Bourcart** a pris part aux opérations de l'armée d'Orient, en qualité de médecin, d'abord à Salonique, puis en Albanie; il a été après la guerre chargé d'une mission politique et administrative à Koritza. Il a levé un grand nombre d'itinéraires dans ces massifs montagneux peu connus, ce qui lui a permis d'en faire une étude approfondie au point de vue de l'orographie et de l'hydrographie; il a étudié en même temps les populations diverses qui habitent la région et leurs conditions d'existence. Il a résumé l'ensemble de ses observations dans un ouvrage très intéressant, *L'Albanie et les Albanais*, publié en 1921; il en a développé le côté géographique dans la deuxième partie de sa thèse pour le doctorat, « *Les confins albanais administrés par la France*, de 1916 à 1920 » (1922). Il a pu montrer la liaison intime des formes du sol avec sa

constitution géologique. L'Albanie comme la Dalmatie fait partie des Dinarides, qui, à l'époque tertiaire, ont été charriés vers l'Ouest; ce mouvement s'est renouvelé à des époques plus récentes et semble se continuer encore de nos jours, ayant pour conséquence le rétrécissement progressif de l'Adriatique. Ainsi s'expliqueraient les caractères, en apparence contradictoires, de la topographie littorale des deux côtés de cette mer.

Rapport de M. Gentil *sur les travaux de* M. **Édouard de Martonne.**

Le commandant **Édouard de Martonne**, qui appartient au Service géographique de l'Armée depuis 1905, a pris part à des travaux topographiques et géodésiques en France, dans l'Afrique du Nord, à Madagascar; enfin, en Afrique occidentale française où il dirige actuellement le Service géographique. Il a en outre été, après la guerre, à la tête de la mission chargée de délimiter la frontière franco-espagnole dans son secteur occidental, au Maroc. Il a su mettre à profit ses diverses campagnes pour faire œuvre personnelle. Ses travaux, qui ont paru dans divers périodiques français, sont de trois ordres distincts : topographique, géodésique et cartographique.

Au point de vue topographique, il s'est surtout fait remarquer par ses explorations et levés de reconnaissance à Madagascar : *Fianarantsoa et le Betsileo, Itinéraire de Mananjary à Fianarantsoa* (*Revue de Madagascar*, 1906-1907), *Étude du Pic d'Andribà et des monts Anbohiména* (*Ibid.*).

Il s'est, l'un des premiers, intéressé à la mise au point des nouvelles méthodes astronomiques (Astrolabe et T.S.F.) pour la détermination des positions géographiques. Il a dressé un *Tableau des coordonnées des points géodésiques de Madagascar* (1915) et un *Catalogue des positions géographiques de l'Afrique occidentale française* (1923).

Enfin, le commandant **Edouard de Martonne** a publié d'intéressants Mémoires sur la *Cartographie de Madagascar* (*Ann. de Géographie*, 1910, et *Bull. Comité Afr. franç.*, 1921) et sur la *Cartographie du Maroc* (*La Géographie* et *Bull. Soc. Géog. du Maroc*, 1921). Il a posé les bases scientifiques de la cartographie nouvelle de l'A.O.F. : *Dispositions cartographiques relatives aux cartes et plans de l'A.O.F.*, 1922.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Gentil, Émile Picard, Rateau; Bertin, Laubeuf, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 4000fr à M. **Yves Le Prieur**, membre de l'Académie de marine, directeur technique de *La Précision moderne*, pour trois appareils intéressant la direction des aéronefs et l'artillerie navale.

Un prix de 2000fr à M. **Émile-Georges Barrillon**, ingénieur en chef du génie maritime, pour son *Étude de la giration des navires à l'aide de modèles abandonnés en vitesse.*

Rapport de M. Laubeuf *sur les appareils de M.* **Le Prieur.**

M. **Yves Le Prieur** présente trois appareils qu'il a imaginés et qu'il a construits dans les ateliers de la Société « La Précision moderne » dont il est le directeur technique.

1° *Navigraphe :*

But du navigraphe. — Cet appareil a pour but de permettre à un aéronef d'aller d'un point à l'autre par le chemin le plus court, en tenant compte de modifications qui surviennent en cours de route dans l'intensité et la direction du vent.

Sans avoir besoin d'identifier les régions survolées, on détermine l'orientation à donner à l'axe de l'aéronef pour suivre la route voulue, autrement dit on corrige la dérive.

Ceci s'obtient au moyen de deux séries de visées sur des points fixes quelconques. Effectuées en quelques minutes (4 au plus), ces visées permettent de déterminer la dérive, la direction et la vitesse du vent, le cap à tenir, la vitesse par rapport au sol.

Au-dessus de la terre, les visées sont faites sur un point fixe, en mer, sur des bouées lumineuses, lâchées en temps opportun par l'opérateur.

La méthode élimine les erreurs dues au roulis, au tangage et aux embardées.

Nous n'entrerons pas dans la description de l'appareil, nous renvoyons à la brochure de l'auteur.

Un viseur permet de suivre un point fixe à terre. Un crayon solidaire de ce viseur trace un diagramme sur une bande de papier qui se déroule. On recommence; on trace ainsi trois diagrammes, enregistrés l'un à côté de l'autre. On prend avec une réglette l'inclinaison moyenne de ces diagrammes, qui enregistrent les embardées, les coups de roulis et de tangage. On a ainsi l'angle de dérive.

On recommence en modifiant le cap de l'avion du double de cet angle de dérive, en sens inverse (angle *apprécié*, sans le mesurer). La première observation donne une droite X, la deuxième donne Y. Leur intersection donne sur la rose un point C qui détermine la direction et la vitesse du vent. Une réglette matérialise le cap à tenir en route pour corriger la dérive. La vitesse réelle par rapport au sol est lue sur la réglette en regard du point C. On recommence l'opération en cours de route, chaque quart d'heure ou chaque demi-heure. On peut ainsi tracer sur la carte la route réelle de l'avion.

Cet appareil très ingénieux, très pratique, est en service sur les dirigeables français et sur des avions.

2° *Traceur de routes :*

L'appareil utilise, grâce à des renvois de mouvements asservis, les données fournies : 1° par un compas gyroscopique (Sperry, Anschutz ou autres); 2° par la vitesse du bâtiment.

Une sphère libre peut rouler sur elle-même suivant un de ses grands cercles. Le mouvement lui est communiqué par un galet sur lequel elle s'appuie par un point.

Le galet tourne sur lui-même à une vitesse proportionnelle à la vitesse du bâtiment. Il est orienté suivant le cap du bâtiment par un asservissement du compas gyroscopique.

Par suite, le mouvement de la sphère représente en direction et en vitesse le mouvement du bâtiment.

Deux autres galets, tangents à la sphère, et ayant une orientation

fixe, recueillent l'un la composante nord-sud du mouvement de la sphère, l'autre la composante est-ouest.

Ces deux galets commandent par des transmissions appropriées les déplacements d'un style traceur suivant les axes nord-sud et est-ouest. Ce style reproduit sur la carte la route réelle suivie par les bâtiments.

Ces mêmes galets actionnent, en outre, des distributeurs électriques qui agissent au moyen d'asservissements sur les styles d'un ou plusieurs postes répétiteurs qu'on peut placer en divers endroits du bâtiment.

La réalisation de cet appareil a entraîné l'étude d'un grand nombre de dispositifs délicats : petits moteurs électriques, avec régulateur à boules de précision, relais, asservissements, transmetteurs électriques.

L'ensemble de l'appareil fait grand honneur à son inventeur et constructeur. Présenté en 1922 à la Marine française, le traceur de routes a été construit jusqu'ici à 6 exemplaires (cuirassés *Lorraine*, *Courbet*, *Paris*, *Provence*; croiseur *Thionville*, centre d'études de Toulon).

3° *Transformation de coordonnées :*

Il n'a été construit jusqu'ici, d'après l'auteur lui-même, qu'un seul appareil, en vue de l'application à la transformation pour l'Artillerie navale des *hausses-mètres* donnée par le calcul des hausses en *hausses-angles*. Ceci a un intérêt pratique certain puisqu'on remplacerait par un dispositif central unique les multiples cames transformatrices existant sur chaque canon.

Nous ne décrirons pas l'appareil, l'inventeur ayant demandé de le considérer comme confidentiel jusqu'à nouvel ordre.

Conclusion. — L'ensemble des appareils de M. **Le Prieur** est très intéressant et mérite, à notre avis, l'attribution d'une partie du prix extraordinaire de mécanique.

Rapport de M. Bertin *sur le Mémoire de M.* **E.-G. Barrillon.**

M. l'ingénieur en chef du génie maritime **Émile-Georges Barrillon** étudie la giration des navires après stoppage à l'aide de très petits modèles qui permettent d'utiliser le réservoir qui se trouve à la tête du bassin d'expérience des petits modèles.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Gentil, Émile Picard, Rateau; Laubeuf, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix entre :

M. **Antoine Foillard**, ingénieur, pour son mémoire intitulé : *Les machines marines avec transmission électrique*;

M. **Paul Dumanois**, ingénieur en chef du génie maritime, pour son ouvrage intitulé : *Les moteurs à combustion interne.*

1. M. **Foillard** passe rapidement en revue les machines marines : machines horizontales lentes, puis machines verticales compound, à triple et à quadruple expansion, turbines à vapeur attelées directement sur l'arbre d'hélice, turbines à engrenages, enfin, turbines avec transmission électrique.

2. Il énumère les avantages de cette dernière : 1° la liaison entre le moteur thermique et l'arbre d'hélice étant faite par câble électrique, par suite non rigide, il y a de grandes facilités d'installation; 2° on peut employer des turbines à grande vitesse et ne possédant pas de marche arrière. On peut aussi battre en arrière avec toute la puissance, au moyen de manœuvre de simples commutateurs et rhéostats; 3° grande variété des installations, facilité d'adaptation aux divers cas qui peuvent se présenter, tels sont les principaux avantages.

3. M. Foillard décrit ensuite l'installation des paquebots mixtes *Guaruja* et *Ipanema*. C'est un cas très particulier, ces navires faisant le service d'Europe en Amérique du Sud, marchent comme paquebot à l'aller, comme cargo au retour.

La solution comporte deux groupes électrogènes, turbine-alternateur à courant triphasé, 50 périodes, 1200 volts. Un seul groupe est en fonction dans la marche en cargo, actionnant un moteur à 48 pôles calé sur l'arbre de l'hélice qui tourne à 123 tours. Les deux groupes sont couplés en quantité dans la marche en paquebot actionnant un moteur à 36 pôles qui tourne à 163 tours.

Les essais ont montré que le rendement thermique de l'ensemble chaudières, turbines, génératrices, moteurs, est de 0,145. Avec des

moteurs plus puissants, on pourrait atteindre 0,178. Les meilleures machines à piston donnent 0,11.

4. L'auteur énumère ensuite les diverses observations faites en service, qui ont amené des perfectionnements et indiqué les améliorations à apporter aux installations futures. Il termine en donnant la manière de calculer les rhéostats de démarrage et de réglage de la vitesse.

Le mémoire de M. **Foillard** donne des renseignements très intéressants sur la question de la transmission électrique à bord des navires. L'auteur a apporté une active collaboration à l'installation qu'il décrit.

M. **Paul Dumanois** a rédigé un traité des *Moteurs à combustion interne*. Il contient naturellement des parties descriptives de moteurs construits et des extraits d'ouvrages et de travaux d'autres techniciens. Mais en dehors de cette partie didactique, on y trouve aussi des résultats de *travaux et études personnels de M. Dumanois*. Certains ont déjà été récompensés par l'Académie des sciences (étude des surpressions, critère de fatigue). D'autres sont nouveaux, en particulier la théorie des moteurs semi-Diesel, l'étude des conditions de la combustion dans les moteurs Diesel à pulvérisation mécanique.

Un chapitre intéressant est consacré à l'adaptation des moteurs à combustion interne à l'aviation. Leur emploi supprimerait à peu près complètement les risques d'incendie; malheureusement, l'auteur montre qu'il est bien difficile que le poids de ces moteurs puisse descendre au-dessous de 4^{kg} par cheval.

Des renseignements intéressants sont aussi donnés sur les combustibles employés dans ces moteurs; en particulier, un tableau donne les résultats obtenus par l'auteur en essayant sur un même moteur Diesel divers combustibles : fuel oil, mazout, huiles de schiste.

Cet ouvrage, rempli de renseignements importants, comporte une part notable de travaux personnels.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Villard, Branly, Berthelot, Brillouin, Perrin, Cotton, Boussinesq, Janet; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Paul Langevin**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Cotton, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Daniel Berthelot, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Edgar Haudié**, professeur à l'École navale, pour son *Cours d'électricité générale.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Cotton, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Daniel Berthelot, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Alexandre Dufour**, professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, chargé de cours à la Faculté des sciences, pour son oscillographe cathodique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Perrin, Cotton, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Villard, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont partagés entre MM. **Jean Mercier**, maître de conférences à l'Université de Bordeaux, pour ses recherches sur la vitesse de propagation des ondes électriques, et **Pierre Fleury**, agrégé, préparateur à l'École normale, pour ses recherches sur la mesure des températures des fours électriques.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON ET DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Haller, Le Chatelier, Béhal, Gabriel Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Moureu, Urbain, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 2500fr à feu **André Brochet** ex-chef des travaux chimiques à l'École de physique et de chimie, pour ses nombreux travaux de chimie organique, électrochimie et catalyse.

Une mention honorable de 1500fr à M. **Isidore Lazennec**, préparateur à l'Institut de chimie appliquée, pour ses travaux de chimie organique.

Rapport de M. Urbain *sur les travaux de M.* **Brochet.**

L'œuvre de M. **André Brochet**, abondante et variée, a été publiée en partie dans les *Comptes rendus*, en partie dans le *Bulletin de la Société chimique de France* et en partie dans les *Annales de*

chimie et de physique. Les sujets traités sont trop nombreux pour qu'il soit possible de les mentionner dans un court rapport. On peut, toutefois, les grouper en trois catégories distinctes : Chimie organique, Électrochimie, Catalyse.

En Chimie organique, M. Brochet a étudié spécialement l'aldéhyde formique. Il a précisé les conditions de la production de ce corps et fait connaître plusieurs de ses réactions.

D'autre part, il a minutieusement décrit l'action du chlore sur les alcools dont on ne savait presque rien à l'époque où il en a entrepris l'étude systématique et dont il fit le sujet de sa thèse de doctorat.

En électrochimie, il étudia d'abord l'électrolyse des sulfures alcalins, puis celle des chlorures alcalins, fixant spécialement son attention sur les phénomènes d'oxydation. Ce dernier travail, qui devait être fertile en conséquences pratiques, lui a permis d'établir les meilleures conditions pour la fabrication industrielle des hypochlorites et des chlorates. Il a publié, d'autre part, le premier livre traitant de la fabrication de la soude électrolytique.

L'étude des électrodes solubles en courant alternatif, sujet neuf qu'il traita de façon magistrale, lui permit d'édifier un procédé pratique de fabrication du platinocyanure de baryum servant à faire les écrans fluorescents. Il résolut alors le difficile problème de la fluorescence de ce composé.

Ses recherches sur la catalyse se rapportent à des phénomènes d'hydrogénation par les métaux réduits. Alors que MM. Sabatier et Senderens avaient opéré sur des gaz ou des vapeurs, M. **André Brochet** opéra sur des liquides. Il hydrogéna de la sorte avec succès l'indigo, les carbures incomplets, le phénol, etc.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Haller, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Schlœsing, Lindet; Maquenne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis-Jacques Simon**, professeur au Muséum d'histoire naturelle, pour ses travaux de chimie organique.

En 1901, l'Académie a décerné à M. Simon une partie du prix Jecker; il n'y a donc pas lieu de revenir en détail sur les travaux qu'il a publiés antérieurement à cette date. Rappelons seulement ses recherches sur la constitution stéréochimique du glucose et sur l'acide pyruvique, en particulier la réaction colorée, connue actuellement sous le nom de réaction de Simon, que ce corps donne avec le nitroprussiate ammoniacal et qui rend de bons services en Chimie biologique pour l'étude de la fermentation.

Depuis 1901, l'activité de M. Simon s'est exercée en deux périodes principales, nettement distinctes par le sujet de ses travaux.

De la première on peut retenir ses recherches sur le mécanisme de la synthèse des cycles azotés et notamment des dérivés de la quinoléine. Soit seul, soit en collaboration avec ses élèves, il a étudié l'action de l'éther pyruvique et de l'éther oxalacétique sur l'ammoniaque et les amines en présence des aldéhydes. Il en est résulté, non seulement une nouvelle réaction générale des aldéhydes, mais aussi l'isolement de corps intermédiaires permettant de suivre les étapes successives de la synthèse jusqu'à la base quinoléique elle-même. L'ancienne réaction de Dœbner en a reçu d'utiles éclaircissements.

Dans un autre groupe de travaux, relatifs aux uréides et aux acides uréiques, M. Simon nous a fait connaître les différentes phases de la dégradation de l'acide urique jusqu'à l'acide glyoxylique et l'urée.

Depuis 1915, grâce au concours de nombreux collaborateurs, pour la plupart ses anciens élèves de l'École normale supérieure ou de l'École normale de Saint-Cloud, M. Simon redouble d'activité.

La période de guerre, jusqu'en 1919, est signalée par des recherches relatives à la fabrication industrielle du sulfate diméthylique, du phosgène, du chlorure de cyanogène et de l'acide monochloracétique, dont on connaît l'importance pour la synthèse de l'indigotine; depuis cette époque, les travaux de M. Simon ont été effectués au laboratoire de chimie du Muséum, qu'il dirige avec une haute compétence.

Citons parmi eux l'étude des méthylsulfates alcalins et alcalino-terreux, l'action du sulfate diméthylique sur l'eau, les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique ou de chlorures métalliques, celle du même éther, en l'absence d'eau, sur les oxydes, les carbonates, les chlorures et les bromures, l'acide sulfurique et sa chlorhydrine, à basse température ou à chaud, la méthylation des acides acycliques, la méthylation et la sulfonation des phénols et des acides-phénols par le sulfate diméthylique

en l'absence d'eau, etc., réactions dont certaines donnent lieu à des équilibres qui ont été étudiés.

De ces recherches, longues et minutieuses, résulte la préparation d'un grand nombre de combinaisons méthylées telles que le sulfate diméthylique lui-même, les méthylsulfates, le chlorosulfate de méthyle, les oxyde, chlorure et bromure de méthyle, les éthers méthyliques des acides volatils et les sulfométhylates des phénols simples ou complexes.

Dans un autre ordre d'idées, M. Simon a réussi à mettre sur pied une nouvelle technique de la méthode d'oxydation sulfochromique pour doser le carbone par volumétrie gazeuse. Les particularités de cette technique consistent dans l'emploi d'acide sulfurique concentré, à 66°, à une température ne dépassant pas 100°, atteinte en un temps déterminé et maintenue pendant une durée fixe. Dans ces conditions, on peut doser rapidement et avec un matériel très simple, le carbone total dans un grand nombre de substances organiques, sous la seule condition qu'elles ne renferment ni azote, ni radicaux CH^3 (sauf ceux qui font partie d'un méthoxyle $O\,CH^3$.

Pour les substances qui renferment des groupes CH^3, la méthode a pu les atteindre en substituant le bichromate d'argent $Cr^2O^7Ag^2$ à l'acide chromique; la comparaison des résultats obtenus par l'emploi de CrO^3 et de $Cr^2O^7Ag^2$ donne lieu à des conclusions intéressantes : c'est également l'une des particularités de cette nouvelle méthode.

Elle pourra servir à l'analyse des terres et des produits agricoles, par conséquent rendre service dans des directions très variées.

Elle a même pu être modifiée de manière à fournir, dans des circonstances favorables, l'hydrogène en même temps que le carbone, ce qui est important pour l'analyse des sels organiques, souvent difficiles à brûler sur la grille.

Les derniers travaux de M. **Simon** touchent à la chimie physique; ils montrent par plusieurs cas particuliers qu'on peut suivre par des mesures de viscosité la neutralisation en solution aqueuse des acides par les bases et en tirer des conclusions sur la fonction simple ou multiple de l'acide étudié. De ces recherches il a déduit cette loi qui pourrait être importante :

Les sels isomorphes en proportions équimoléculaires modifient de la même manière la viscosité de l'eau dans laquelle ils sont dissous.

L'ensemble de ces travaux, poursuivis sans interruption pendant plus de vingt ans et presque tous poussés à fond dans les différents domaines

de la chimie organique, témoigne d'une rare activité et présente un intérêt à la fois théorique et pratique que la Commission se plaît à reconnaître en proposant à l'Académie d'attribuer à leur auteur la totalité du prix Jecker pour l'année courante 1924.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Haller, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Moureu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Camille Matignon**, professeur au Collège de France.

Les travaux de M. **Camille Matignon** sont, en grande partie, du domaine de la chimie physique et de la chimie minérale; certains ont trait à la chimie organique.

Élève de Marcelin Berthelot, M. Matignon s'est attaché à mettre en évidence les relations entre l'évolution des systèmes chimiques et la chaleur dégagée dans cette évolution, ce qui l'a conduit à déterminer expérimentalement un grand nombre de chaleurs de réaction. Plus de 300 mesures thermiques ont été ainsi effectuées : chaleurs de fusion, de vaporisation, de neutralisation, de dissolution, de dilution. Dans cet ordre d'idées, il faut citer un travail d'ensemble sur la détermination des chaleurs de combustion d'un grand nombre d'uréides et de corps voisins, de dérivés nitrés appartenant à la classe des explosifs, des principaux gaz hydrocarbonés : acétylène, éthylène, méthane, etc.

M. Matignon fut l'un des premiers à utiliser les chaleurs de formation pour l'établissement des formules de constitution. Par exemple, les formules de l'alloxantine, de l'acide hydurilique, des acides isourique et pseudourique, furent corrigées et définitivement fixées.

La règle suivante fut mise en évidence au cours de ces recherches. La substitution d'un radical dans une molécule organique fait varier l'énergie interne de cette dernière d'une quantité qui est fonction à la fois de la nature de la substitution et de la masse de l'atome servant de liaison au radical. Toutes les formules qu'on a établies depuis pour calculer la chaleur de formation d'une substance organique de constitution connue reposent sur la loi précédente.

Avec son maître Berthelot il utilisa, pour la première fois, la bombe comme instrument d'analyse. Par la mise en œuvre de certains artifices, la combustion d'un composé organique sulfuré peut transformer tout le soufre en acide sulfurique, d'où un procédé rapide et précis pour le dosage de cet élément. L'emploi de la bombe calorimétrique fut également étendu à la mesure des chaleurs de combustion des corps organiques sulfurés et chlorés.

Les systèmes chimiques tendent vers un état d'équilibre dont les caractéristiques dépendent essentiellement de l'effet thermique correspondant à la réaction qui y conduit. Comme conséquence de cette étroite relation, M. Matignon, à l'aide d'une loi très simple, qui est une extension de la loi de Trouton aux systèmes monovariants ne contenant que des phases solides pures et un gaz, a pu prévoir l'existence de nombreux états d'équilibre avec la valeur approchée des pressions correspondantes. C'est ainsi que l'action du gaz chlorhydrique sur un certain nombre de sulfates a permis de faire des vérifications quantitatives d'équilibre prévus à l'avance. Il a vérifié de même la réversibilité d'un grand nombre de réactions du même type : action réversible de l'acide oxalique sur le sel marin, du gaz sulfhydrique sur le carbonate de potassium, etc.

Dans le même ordre d'idées, les oxydations directes de l'acide arsénieux et de l'azotite de sodium, vainement tentées auparavant, ont pu être réalisées par l'emploi de hautes pressions (200 atmosphères) combinées avec des températures relativement élevées (500 atmosphères).

Parmi d'autres équilibres étudiés expérimentalement, il faut citer encore celui du sel marin et de l'eau sous ses deux phases liquide et solide, celui de l'azoture de silicium en présence de la silice, du charbon, de l'azote et de l'oxyde de carbone.

Une autre loi, qui est une très intéressante généralisation de la loi de Berthollet, a été formulée par M. Matignon. Tout système de corps solides ou liquides non volatils susceptible de donner naissance, par un nouveau groupement des atomes, à un système comprenant des corps volatils, doit entrer en réaction à une température convenable. Guidé par cette loi, il a été conduit à donner de nouvelles méthodes d'obtention de métaux volatils, difficiles à isoler de leurs oxydes. Par exemple, le baryum et le strontium peuvent être chassés de leurs bases par le silicium, et l'aluminium peut se substituer au magnésium dans la magnésie. Ces réactions nouvelles constituent pour la plupart de

bonnes méthodes de préparation. La loi de M. Matignon peut rendre des services précieux en chimie minérale, où les corps ont souvent une zone de stabilité fort étendue dans l'échelle des températures.

Les métaux rares avaient été étudiés jusqu'ici surtout au point de vue de leur séparation. M. Matignon a précisé leur physionomie générale par leur étude thermochimique et par l'examen approfondi de certains de leurs composés. Sans entrer dans le détail, disons qu'au cours de ces recherches 70 corps nouveaux ont été préparés, leurs constantes physiques déterminées et leurs propriétés chimiques soigneusement étudiées. En particulier, M. Matignon obtint pour la première fois les hydrures et les azotures des métaux suivants : cérium, lanthane, praséodyme, néodyme, samarium, gadolinium, yttrium, ytterbium.

Avec la collaboration de M. Bourion, il a créé une méthode nouvelle, très commode, pour la préparation des chlorures anhydres, basée sur l'emploi du chlorure de soufre. Elle fut appliquée tout d'abord à la préparation des chlorures de silicium, d'aluminium, de vanadium, de chrome, de titane, etc.

Dans ces derniers temps, M. Matignon, seul ou avec des différents collaborateurs : M^lle^ Marchal, MM. Fréjacques et Meyer, s'est occupé des problèmes posés par l'industrie des composés azotés synthétiques, qui ont pris au cours de la Guerre un si grand intérêt. Il a publié des mémoires sur les azotures de magnésium et de silicium, sur le nitrite de sodium, produit résiduaire de la synthèse industrielle de l'acide nitrique, sur la réalisation économique de réactions oxydantes dans les usines d'acide nitrique synthétique, etc.

De même ont été étudiés les équilibres monovariants dans le système ternaire eau-sulfate de soude-sulfate d'ammonium en vue de la préparation du sulfate d'ammonium à partir du bisulfate de sodium, qui s'accumulait pendant la Guerre dans les poudreries, la transformation du gypse en sulfate d'ammonium, problème lié à l'obtention économique du sulfate.

Pendant plusieurs années, M. Matignon et M. Fréjacques ont poursuivi l'étude des catalyseurs capables de favoriser la synthèse de l'ammoniaque, et ils ont réussi au cours de la Guerre à retrouver le catalyseur utilisé par la Société badoise.

Ils ont précisé, dans une étude physico-chimique très étendue, les conditions de la transformation de l'ammoniaque en urée, problème

actuellement imposé par la nécessité d'utiliser l'ammoniaque synthétique en agriculture dans les meilleures conditions.

Je citerai encore, parmi les études chimiques de Guerre de M. Matignon, un procédé pour déceler la présence du chlore dans l'atmosphère, la préparation de l'oxalate de sodium à partir du formiate, et des études sur certains verres en vue de leur reproduction.

Rappelons, pour terminer, que M. Matignon a publié, il y a longtemps déjà, d'intéressants mémoires sur les dérivés sodés de l'acétylène, pour la première fois obtenus par lui à l'état pur, sur le carbure d'aluminium et sur deux nouvelles méthodes de préparation de l'hydrogène phosphoré, et qu'il a mis au point une méthode de chauffage à haute température lui permettant de travailler à température fixe jusqu'à 2000° et plus.

Cet ensemble important de travaux, portant sur toutes les branches de la chimie, atteste la fécondité d'un labeur qui se poursuit depuis plus de trente années.

Berthelot tenait M. Matignon en haute estime, et il en donna le témoignage le plus flatteur en lui confiant pendant dix ans la suppléance de son cours au Collège de France. Celui qui a aujourd'hui l'honneur d'occuper la chaire de l'illustre chimiste est particulièrement heureux de rappeler ce souvenir en résumant les titres de M. **Matignon** au prix La Caze, que votre Commission vous propose de lui décerner.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Haller, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Urbain, rapporteur.)

M[lle] **Suzanne Veil**, docteur ès sciences, a poursuivi depuis 1918 au laboratoire de chimie minérale de la Sorbonne, des recherches physico-chimiques sur les oxydes métalliques anhydres et hydratés qui se présentent sous l'état amorphe, et dont on ignorait la plupart des propriétés.

Elle a étudié, pour un grand nombre d'entre eux et pour certains de leurs mélanges, la conductibilité électrique et la susceptibilité magné-

tique. Ces méthodes ont permis de révéler l'existence de certaines combinaisons et de mettre en évidence diverses variétés allotropiques dont le domaine de stabilité, dans l'échelle des températures, a pu être déterminé. Ces premières recherches ont fait l'objet d'une thèse de doctorat, soutenue à Paris le 21 décembre 1920, et intitulée : « Recherches sur quelques propriétés physico-chimiques des oxydes métalliques et de leurs mélanges. »

Depuis 1920, M^lle Veil étudie l'évolution des hydroxydes métalliques susceptibles de se déshydrater plus ou moins au sein de l'eau. Le progrès des phénomènes est étudié, d'une part par la détermination des susceptibilités magnétiques, et d'autre part par des dosages d'eau. Les deux phénomènes ne présentent, contrairement à l'idée qu'on pouvait s'en faire *a priori*, aucun rapport nécessaire. Des oxydes anhydres et hydratés peuvent présenter le même magnétisme moléculaire, comme c'est constamment le cas pour l'hydroxyde noir cuivrique, mais il n'en est pas nécessairement de même pour les oxydes ferrique, chromique et nickeleux. Dans de tels cas, le magnétisme des oxydes et hydroxydes dépend, dans une certaine mesure, des états chimiques antérieurs par lesquels ils ont passé. M^lle Veil recherche actuellement quels sont ceux de ces états qui exercent une influence sur le magnétisme ultérieur des oxydes. Il y a là des phénomènes nouveaux, extrêmement curieux, dont l'étude nous a semblé mériter un encouragement.

L'ensemble des recherches de M^lle **Veil**, résumées dans six notes aux *Comptes rendus*, justifie la proposition que fait la Commission de chimie en sa faveur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Haller, Moureu, Béhal, Urbain, Bertrand, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Le Chatelier, rapporteur.)

M. **Pierre Chevenard**, ancien élève de l'École des mines de Saint-Étienne, est actuellement professeur de métallurgie à la même École et chargé du service des recherches aux aciéries d'Imphy. Il s'est fait connaître par la création et l'emploi d'appareils enregistreurs d'une grande précision servant aux études de science métallurgique.

Parmi ces appareils, le plus connu, sans doute, est son dilatomètre qui est employé aujourd'hui dans de nombreux laboratoires en France et à l'étranger. Il donne sur une plaque photographique fixe l'enregistrement de la courbe de dilatation en fonction de la température. La température est mesurée par la dilatation d'un acier chrome-nickel inoxydable, le *baros*. Une commande géométrique très ingénieuse du miroir réflecteur permet d'obtenir à la fois les ordonnées et les abscisses de la courbe. Avec cet appareil, il a fait une étude remarquable de la trempe des aciers ordinaires et il a précisé les transformations irréversibles des aciers nickel-chrome. Entre autres résultats pratiques, ces études l'ont conduit à la réalisation de quelques idées théoriques de M. Guillaume, notamment la fabrication des aciers *elinvar*.

Un autre appareil enregistreur servant à étudier l'écoulement visqueux des métaux aux hautes températures lui a permis de mettre au point la fabrication d'alliages pouvant supporter à 600° des efforts importants sans se déformer. Ces métaux servent aujourd'hui à la fabrication des tubes employés par M. Claude pour la synthèse de l'ammoniaque.

De même, enfin, il a réalisé et mis en œuvre, pour des recherches variées, des appareils enregistreurs permettant de tracer les courbes de thermo-résistivité, de thermo-électricité et de thermo-magnétisme.

Votre Commission vous propose, en conséquence, de décerner le prix Houzeau à M. **Pierre Chevenard**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, A. Lacroix, Depéret, Kilian.)

Le prix est renvoyé à l'année 1925.

PRIX FONTANNES.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, A. Lacroix, Kilian; Depéret, rapporteur.)

M. **Frédéric Roman**, chargé de cours à l'Université de Lyon, a débuté en géologie dès 1894 par une série de notes sur la région de Montpellier, qui ont abouti à une belle thèse de doctorat sur le Bas-Languedoc en 1897. L'auteur y faisait déjà preuve d'une vraie vocation paléontologique dans une Monographie de la faune tithonique du pied des Cévennes.

M. Roman a ensuite étendu son activité dans presque tous les chapitres des animaux fossiles.

Parmi les Invertébrés, on lui doit une série d'études sur les Mollusques fluvio-terrestres éocènes et oligocènes du Languedoc et de la vallée du Rhône; sur les Pectinidés néogènes d'Europe et de l'Afrique du Nord, travail devenu tout à fait classique; sur la faune turonienne d'Uchaux; sur les Ammonites jurassiques de la vallée du Rhône, décrites dans une série de mémoires importants et appréciés.

Les Vertébrés tertiaires ont été également étudiés par M. Roman dans une série de travaux qui ont classé leur auteur parmi les meilleurs spécialistes en la matière. Je signalerai particulièrement ses études sur les Mammifères miocènes de la basse vallée du Tage, sur les Mammifères éocènes du Languedoc et d'Espagne, sur la révision du genre *Cadurcotherium*, et par-dessus tout sur son beau mémoire sur les Rhinocéros oligocènes d'Europe, travail fondamental pour l'étude de ce groupe important d'ongulés fossiles. Mention doit être faite aussi d'un mémoire sur le *Felsinotherium* pliocène de Montpellier, accompagné d'une revision des Siréniens fossiles de l'Ancien Monde.

Je n'indique ici que les principaux travaux de M. Roman qui ont valu à ce paléontologiste un renom universel justement mérité.

Aussi, la Commission a-t-elle été d'avis de décerner à M. **Roman**, le prix *Fontannes*, attribution qui associe dans un même honneur le paléontologiste lyonnais F. Fontannes et son brillant continuateur, qui reçoit aujourd'hui à juste titre le prix fondé par son éminent compatriote.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Depéret, Kilian; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules Barthoux**, ancien attaché géologue à l'Institut français d'archéologie orientale du Caire, pour son mémoire sur l'étude pétrographique et géologique du désert arabique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Lecomte, Dangeard, Molliard, Bouvier, Henneguy, Maquenne; Costantin, rapporteur.)

Les deux mémoires de M. **René Vandendries**, professeur à l'Athénée royal d'Anvers, intitulés : *Recherches sur le déterminisme sexuel des Basidiomycètes* et *Nouvelles recherches sur la sexualité des Basidiomycètes*, ont retenu l'attention de la Commission. L'auteur, en mettant en œuvre une technique rigoureuse de culture monospore, établit que les thalles ainsi obtenus sont différenciés sexuellement, les uns +, les autres —. Cultivés seuls, ils ne présentent pas de boucles d'anastomoses et restent stériles. Réunissant dans une seule culture pure les deux thalles, des boucles d'anastomoses apparaissent, des dikaryons et les fructifications avec chapeau peuvent se montrer [1]. La fusion des deux

[1] Deux thalles de même signe (+ ou —) mélangés ensemble ne donnent pas de dikaryons et restent stériles.

noyaux a lieu seulement dans la baside avec réduction chromatique et bientôt formation de quatre spores (*Panæolus, Collybia, Hypholoma*).

Exceptionnellement, il peut y avoir apogamie chez le *Panæolus campanulatus*, par exemple.

Les oïdies qui naissent sur le thalle ont un sexe déterminé + ou — comme le thalle sur lequel elles se développent et elles peuvent féconder les filaments d'autre sexe. Les oïdies peuvent donc jouer le rôle de gamètes.

Accidentellement le thalle peut être hermaphrodite : cette défaillance sexuelle passagère et très capricieuse n'est pas héréditaire.

L'auteur a pu hybrider des thalles monospermes d'espèces différentes, notamment *Panæolus campanulatus* et *fimicola*.

Ces résultats, qui avaient été déjà annoncés pour les Coprins par Mlle Bensaude, ouvrent des horizons tout à fait nouveaux pour la Biologie générale. Aussi la Commission est-elle unanime à décerner le prix Desmazières à M. **Vandendries**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Lecomte, Dangeard, Molliard, Bouvier, Henneguy, Maquenne; Costantin, rapporteur.)

Le travail de M. **Alphonse Labbé**, professeur à l'École de médecine de Nantes, ayant pour titre : *Les cycles biologiques des* Dunaliella, a retenu l'attention de la Commission. Dans les œillets des marais salants, on trouve associées deux formes spécifiquement différentes : une rouge (*Dunaliella Kermesina* Turpin, 1836), et une verte (*D. viridis* Tesdoresco, 1906). Au point de vue des variations de ces organismes qui sont voisins des Chlamydomonades, l'auteur a vu la transformation du *viridis* en *Kermesina*, ceci s'observe par concentration saline dans les marais salants : il ne s'agirait que d'une alternance adaptative, les *Kermesnina* ne peuvent se transformer inversement en *viridis*. A chaque automne, ces types disparaissent par suite de l'évaporation du milieu lui-même, transformé en sel. A côté de ces formes modifiées persistent des représentants de l'espèce-souche, pouvant vivre dans tous les milieux et reformer des *Kermesina*.

On trouve dans le travail de M. Labbé une étude cytologique, morphologique et physiologique très bien conduite de cette intéressante Algue inférieure.

La Commission est d'avis de récompenser le mémoire de M. **Labbé** par le prix Montagne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Dangeard, Molliard, Bouvier, Henneguy, Maquenne; Henri Lecomte, rapporteur.)

La Commission propose à l'unanimité d'attribuer le prix de Coincy à M. **François Pellegrin**, docteur ès sciences, préparateur au Muséum, secrétaire général de la Société botanique de France, pour un mémoire intitulé : *La Flore du Mayombe, d'après les récoltes de M. G. Le Testu.*

L'originalité du travail retenu par la Commission consiste dans ce fait qu'il s'agit d'une véritable florule de la région forestière comprise entre le bassin de la Nyanga et celui de la Ngounyé, affluent de l'Ogoué. Les matériaux d'étude ont été recueillis pendant un long séjour (1907-1919) par M. l'administrateur G. Le Testu qui s'est proposé pour but de faire connaître la composition d'une partie de la forêt congolaise.

M. F. Pellegrin s'est attaché à l'étude de ces matériaux fournis au Muséum par M. Le Testu, et le travail comprend 150 pages in-4° avec 8 vignettes dans le texte et 8 planches hors texte. L'Auteur a créé quatre genres et reconnu 43 espèces nouvelles; c'est une très importante contribution à l'étude de la forêt congolaise.

En proposant d'attribuer le prix de Coincy à M. **François Pellegrin**, la Commission tient à associer au nom du lauréat celui de M. G. Le Testu, qui a eu le mérite de rassembler avec persévérance et sagacité l'ensemble des matériaux étudiés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires : MM. Bouvier, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, d'Arsonval, Douvillé, Mangin; Henneguy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Christian Champy**, professeur agrégé à la Faculté de médecine, pour ses recherches sur la spermatogenèse chez *Discoglossus pictus* (Atth.), et la spermatogenèse des Batraciens et les éléments accessoires du testicule.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, d'Arsonval, Mangin, Douvillé; Gravier, rapporteur.)

Certains Insectes et d'autres Arthropodes introduisent leurs œufs à l'intérieur des plantes; les larves s'y développent et provoquent la formation d'excroissances appelées galles ou cécidies. M. **Clodomir Houard**, directeur de l'Institut de botanique de l'Université de Strasbourg, a consacré sa carrière à l'étude de ces productions végétales qui constituent la défense de la plante contre le parasite. Ses travaux l'ont conduit à étudier les galles du bassin méditerranéen et par suite celles de l'Afrique du Nord. Dans un premier voyage en Algérie (avril-mai 1900), il explora surtout le Tell, les hauts plateaux et les régions désertiques du Sud-Oranais. Dès son retour, il utilisa les matériaux qu'il avait recueillis et fit paraître à leur sujet une dizaine de publications.

Un peu plus tard, il sentit qu'un travail d'ensemble sur la Cécidologie de l'Afrique du Nord était indispensable, et il entreprit un second voyage au cours duquel il parcourut la Tunisie, depuis la Kroumirie jusqu'au Djerid et aux Matmata; il y récolta nombre d'exemplaires, il observa le mode de vie des insectes cécidogènes, l'évolution de leurs galles, leurs stades de développement et leur répartition géographique.

Le résultat de ce voyage est exposé dans *Les Zoocécidies du Nord de l'Afrique* (1902), ouvrage illustré par plus de 400 figures originales et par une planche coloriée, et accompagné d'une bibliographie complète. A l'heure actuelle, cet ouvrage constitue le plus riche document cécidologique relatif à la Barbarie, à la Tripolitaine et à l'Égypte. Il a été complété, grâce au concours, de zélés naturalistes devenus d'infatigables collecteurs de galles, par des notes consacrées aux « Relations biologiques entre les animaux et les végétaux des steppes et des régions désertiques du Nord de l'Afrique » et aussi aux « Galles des végétaux ligneux ».

Tous ces matériaux, très soigneusement étudiés, ont servi à établir, au laboratoire d'entomologie du Muséum d'histoire naturelle de Paris, une collection d'études qui est certainement la plus importante du monde entier.

Les publications de M. C. **Houard** relatives à l'Afrique du Nord ne sont qu'une partie de l'œuvre véritablement monumentale que cet auteur a consacrée aux galles des cinq parties du monde. Aussi votre Commission, à l'unanimité, vous propose-t-elle de décerner le prix Savigny à M. C. **Houard**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. Bouvier, Henneguy, Joubin, Mesnil, Gravier, d'Arsonval, Douvillé, Mangin; Marchal, rapporteur.)

Adepte passionné de la technique apicole qu'il pratique depuis de nombreuses années, M. **Adrien Perret-Maisonneuve**, magistrat, s'est consacré à l'étude des multiples problèmes biologiques et pratiques que soulève l'observation de la vie sociale des abeilles.

Ayant pris une connaissance complète de tous les travaux qui ont été faits à l'étranger sur la question, ayant soumis lui-même à l'épreuve d'une longue expérience les méthodes qu'il décrit, l'auteur nous donne dans son ouvrage sur l'*Élevage des reines* l'exposé d'un ensemble de faits d'un grand intérêt et que l'on chercherait vainement dans tous les manuels ou traités d'Apiculture qui ont été publiés en France.

Prenant pour base ses observations personnelles et les travaux qui, particulièrement en Amérique et en Allemagne, ont fait dans ces dernières années progresser nos connaissances sur la biologie et la repro-

duction des abeilles, l'auteur s'est attaché à montrer que l'élevage des reines est la base même de l'apiculture rationnelle. Il nous enseigne par quels dispositifs ingénieux on peut obliger les ouvrières à les élever en série, ce qui permet ensuite à l'apiculteur d'en disposer à volonté pour les sélectionner et pour maintenir riches et prospères toutes les populations du rucher. D'une lecture particulièrement captivante sont les chapitres qu'il consacre aux méthodes par lesquelles on peut facilement greffer les jeunes larves d'ouvrières accompagnées de gelée nutritive dans des cellules artificielles de reines, disposer ces cellules dans des ruchettes convenablement aménagées et forcer les ouvrières à faire de ces larves autant de reines que l'apiculteur peut en désirer. En perfectionnant la méthode fondamentale des cellules artificielles de Doolittle et Pratt, l'auteur est arrivé à réaliser une technique qui donne toutes facilités pour obtenir les reines en séries et pour les conserver vivantes jusqu'au moment de l'emploi dans de véritables nourriceries.

Le Traité intitulé *L'Apiculture intensive et l'Élevage des reines* se classe parmi les livres extrêmement rares, en France depuis de nombreuses années qui aient servi à faire progresser nos connaissances sur la biologie de l'Abeille et à renouveler la technique apicole. A ce titre, la Commission propose de décerner le prix Jean Thore à M. **Adrien Perret-Maisonneuve**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Richet, Quénu, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; d'Arsonval, Widal, Vincent, Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 2500fr à M. **Victor Babès**, professeur à la Faculté de

médecine de Bucarest, pour l'ensemble de ses travaux, y compris ses publications sur la pellagre.

Un prix de 2500fr à M. **Noël Fiessinger**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les ferments des leucocytes en physiologie, pathologie et thérapeutique générales.*

Un prix de 2500fr à M. **Jules Botreau-Roussel**, médecin-major de 1re classe, pour son travail intitulé : *Ostéites pianiques « Goundou ».*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Jean Baratoux**, ancien président de la Société médicale du IXe arrondissement, pour son ouvrage intitulé : *De la voix; étude scientifique de sa formation et de son émission; ses maladies.*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Jean Rieux**, professeur au Val-de-Grâce, pour son ouvrage intitulé : *Hématologie clinique.*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Henri Glover**, ancien externe des hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *L'auscultation électrique en physiologie et en clinique.*

Rapport de M. Vincent *sur les travaux de M.* **Victor Babès.**

En proposant M. **Victor Babès**, professeur à l'Université de Bucarest, pour le prix Montyon, la Commission entend récompenser le savant et l'œuvre considérable qu'il a accomplie en microbiologie.

Rapport de M. Widal *sur l'ouvrage de M.* **Fiessinger** *intitulé :* Ferments des leucocytes.

Ce livre constitue non seulement une mise au point de ce sujet avec une étude soigneuse des travaux français et étrangers publiés dans ces dernières années, mais surtout une synthèse des recherches originales que l'auteur a consacrée aux ferments des leucocytes depuis plus de quinze ans. Ces ferments des leucocytes sont nombreux. M. **Fiessinger** fait de chacun de ces ferments à la fois une étude de technique, de physiologie et de pathologie générales.

La lecture de ce livre, comme l'écrit M. Chauffard dans la préface, conduit à cette conclusion que le leucocyte mérite d'être considéré comme une véritable glande endocrine monocellulaire, trouvant à la fois dans le milieu plasmatique des éléments de nutrition d'activité fonctionnelle et des voies de décharge.

Rapport de M. Mesnil *sur les travaux de M.* **Botreau-Roussel.**

On connaissait depuis longtemps, sous le nom de goundou, une curieuse maladie des indigènes de l'Afrique occidentale, se manifestant par des tumeurs osseuses symétriques de la branche montante du maxillaire supérieur. Mais jusqu'ici on n'avait vu que des cas isolés et l'on n'était pas fixé sur le véritable caractère de cette maladie qui, en réalité, peut affecter non seulement les os de la face (et de façons fort variées), mais encore les autres os du corps, en particulier les os longs. C'est cela que nous devons à M. **Botreau-Roussel**, qui, grâce à d'heureuses interventions chirurgicales sur les tumeurs de la face, a vu les malades affluer à sa clinique et a pu réunir 130 observations. Elles sont accompagnées d'excellentes photographies qui constituent une remarquable iconographie de la maladie.

Cette ostéite généralisée est-elle une maladie particulière ou la suite d'une autre entité morbide ? Pour l'auteur, c'est une séquelle du pian — cette maladie des pays chauds si voisine, par ses symptômes et son agent, de la syphilis — et il s'attache à étayer sa thèse par des considérations variées, dont on ne peut nier la valeur démonstrative. Mais ce qui est définitivement établi, c'est le tableau de la maladie elle-même, et c'est aussi la façon d'en corriger chirurgicalement les effets.

Il y a là une œuvre originale qui mérite sans conteste d'être couronnée par l'Académie. Aussi votre Commission vous propose-t-elle de lui attribuer un des prix Montyon de médecine et chirurgie.

Rapport de M. Vincent *sur l'ouvrage de M.* **Rieux.**

M. le Dr **Jean Rieux**, professeur au Val-de-Grâce, est l'auteur d'un *Traité d'hématologie clinique* dans lequel il passe en revue la morphologie, la physiologie et la pathologie du sang, les règles modernes de la cytologie et de la sérologie. Cet ouvrage n'a pas son correspondant dans la bibliographie médicale. Il est, en outre, rendu particulièrement instructif non seulement par les descriptions méthodiques qui y sont faites, mais encore par la part personnelle que l'auteur a prise en hématologie clinique et dont il donne la démonstration.

Proposition de la Commission :

Mention de 1500fr sur le prix Montyon (médecine et chirurgie).

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

MM. **Georges Mouriquand**, professeur de pathologie et de thérapeutique générales, médecin des hôpitaux de Lyon, et **Paul Michel**, préparateur à la Faculté de médecine de Lyon, ont adressé à l'Académie des sciences l'exposé de leurs travaux sur les effets de la carence alimentaire; leurs expériences ont porté sur 3000 animaux divers. Ils ont reproduit le rachitisme expérimental, la polynévrite béribérique, le scorbut. Ces recherches sur l'alimentation et la nutrition apportent des résultats nouveaux (scorbut chronique, auto-immunisation contre les régimes carencés, substances adjuvantes et substances antagonistes de l'os, substance antiscorbutique) qui ont paru à la Commission dignes d'être récompensés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Henneguy, Branly, Mesnil; Vincent, Roux, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 2500fr à MM. **Alfred Boquet** et **Léopold Nègre**, chefs de laboratoires à l'Institut Pasteur, pour leurs travaux sur la tuberculose.

Un prix de 2500fr à MM. **Léon Marchand**, médecin-chef de la Maison nationale de Charenton, et **Raymond Moussu**, chef de travaux à l'École vétérinaire d'Alfort, pour leurs travaux sur l'encéphalite enzootique du cheval.

Rapport de M. Roux *sur les travaux de MM.* **Alfred Boquet** et **Léopold Nègre**.

MM. **Boquet** et **Nègre** ont été les collaborateurs de M. Calmette dans la préparation d'un antigène très employé aujourd'hui pour le diagnostic précoce de la tuberculose. Cet antigène consiste dans un extrait obtenu,

au moyen de l'alcool méthylique anhydre, de bacilles tuberculeux précédemment traités par l'acétone. Il a fait ses preuves; il est d'un usage courant dans les laboratoires et dans les cliniques et a été le sujet d'un grand nombre de travaux.

MM. **Boquet** et **Nègre** ont étudié sur les animaux sains et tuberculeux, d'une part l'action des cires et des graisses du bacille tuberculeux solubles dans l'acétone, et d'autre part celle des phosphatides solubles dans l'alcool méthylique anhydre. L'extrait acétonique exerce une action défavorable dans le traitement de la tuberculose expérimentale du cobaye et du lapin. Au contraire, l'extrait alcoolo-méthylique ralentit la marche de la maladie et procure une survie considérable aux animaux traités comparés aux animaux témoins.

MM. Boquet et Nègre ont cherché si les lipoïdes extraits des bacilles paratuberculeux et des bacilles diphtériques, au moyen de l'alcool méthylique, ne fourniraient pas un antigène ayant, dans une certaine mesure, les mêmes propriétés que l'antigène provenant du bacille de Koch. Ils ont vu qu'il en est ainsi, puisque les lipoïdes des bacilles paratuberculeux et ceux du bacille diphtérique dévient le complément avec les sérums antituberculeux et produisent chez le lapin des anticorps décelables à la fois avec les antigènes correspondants et avec les antigènes tuberculeux. Cette propriété commune aux bacilles tuberculeux, aux bacilles paratuberculeux et aux bacilles diphtériques, tient à l'existence chez ces microbes de phosphatides dont la composition chimique est analogue.

A ces intéressants travaux, MM. Boquet et Nègre en ont joint d'autres sur la tuberculose expérimentale des petits rongeurs, sur les propriétés biologiques du bacille tuberculeux bilié de MM. Calmette et Guérin, sur les sérums antituberculeux, sur le terrain tuberculeux, sur la sensibilité des lapins à la tuberculine, suivant qu'ils ont reçu des bacilles tuberculeux morts ou vivants.

La Commission propose d'attribuer à MM. **Boquet** et **Nègre** 2500fr sur les arrérages du prix Bréant pour l'ensemble de leurs travaux.

Rapport de M. Vincent *sur les travaux de MM.* **Marchand** et **Moussu**.

MM. **Léon Marchand** et **Raymond Moussu** ont présenté pour le prix Bréant un long et original travail sur l'encéphalite enzootique du

cheval. Les constatations d'ordre expérimental qui y sont faites aussi bien que les déductions qu'elles entraînent sont intéressantes pour la pathologie humaine. Après la description clinique de la maladie du cheval et des formes nerveuses qu'elle peut revêtir, les auteurs ont entrepris une étude histologique approfondie des lésions des centres nerveux chez le cheval et chez le lapin.

Par injection du virus dans la chambre antérieure de l'œil, MM. Marchand et Moussu ont vu que cette maladie est transmissible en série au lapin et que l'on peut obtenir un virus fixe qui tue en quatre à sept jours, donnant lieu à des lésions de méningo-encéphalite diffuse. L'agent infectieux est constitué par un virus filtrant, inoculable, détruit à 60°-70°, conservant son activité dans la glycérine, non inoculable par la voie digestive, n'existant ni dans le lait, ni dans la salive, etc.

La conclusion des auteurs est que le virus équin de l'encéphalite est très voisin de celui de la maladie humaine : tous les deux sont filtrants, neurotropes, cheminent le long des parois des capillaires du tissu cérébral, sont inoculables au lapin, capables de provoquer expérimentalement une méningite à mononucléaires, enfin donnent après passages un virus fixe déterminant toujours la même maladie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Richet, Quénu, Widal, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Bazy, rapporteur.)

Le Dr **Edmond Papin**, ancien chef de clinique de l'hôpital Necker, nous a envoyé un travail intitulé : *Endoscopie opératoire des voies urinaires*. Il comporte 85 figures et 8 planches en couleur, toutes originales.

L'auteur insiste surtout sur les appareils qu'il a fait construire et qui permettent des interventions d'une certaine importance par les voies naturelles, soit par l'urètre, soit dans la vessie et même dans les uretères.

La nouveauté de ces instruments réside dans ce fait qu'ils peuvent être rendus plus solides et plus forts, parce qu'on n'introduit l'appareil optique que quand la partie terminale, la partie opératoire de l'instrument est venue se dégager au niveau de la fenêtre antérieure du cystoscope.

Ce perfectionnement important qui étend l'application de ces pro-

cédés opératoires nous a paru justifier l'attribution à M. **Papin** du prix Godard pour 1924.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Richet, Quénu, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Widal, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à Mme **Angélique G. Panayotatou**, ex-professeur agrégée à l'Université d'Athènes, pour son ouvrage *L'Hygiène chez les anciens Grecs*. S'appuyant sur les épitaphes et les textes anciens, prenant grand soin de rapporter des citations précises, l'auteur nous montre l'importance que l'hygiène avait prise dans la vie des anciens Grecs. Elles nous montrent qu'en matière d'épidémiologie ou d'infection et de prophylaxie, ils avaient été des précurseurs. Les premières notions sur l'hygiène de la ville, de la maison, les premiers principes de diététique, de culture physique, nous ont été fournis par les anciens Grecs.

Mme **Panayotatou** apporte ainsi dans son livre une contribution très importante et très précieuse à l'histoire de la médecine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil, d'Arsonval; Charles Richet, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 700fr à M. le Dr **Paul Godin**, inspecteur départemental du travail, pour ses travaux sur l'évolution de la croissance.

Un prix de 700fr à M. **Louis Bargeron**, inspecteur départemental du travail, pour ses recherches sur les conditions de l'éclairage des ateliers.

Rapport de M. **Charles Richet** *sur les travaux de M.* **Paul Godin.**

Votre Commission vous propose de décerner le prix Bellion à M. le Dr **Paul Godin** pour des travaux persévérants et exacts sur l'évolution de la croissance. Mesures nombreuses; statistiques comparées répétées; études attentives sur les relations entre la croissance des diverses parties du corps; tels sont les mérites de l'œuvre de M. **Paul Godin**, disséminée depuis plus de vingt ans en des livres et des publications diverses.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

M. le Dr **François Bassères**, médecin inspecteur général de l'Armée, a adressé pour le concours du prix Larrey un volume intitulé : *Le Service de Santé de la IIIe Armée pendant la bataille de France.*

Du 23 mars au 15 septembre 1918, la IIIe Armée a rempli un rôle capital dans la grande bataille de délivrance. Le Service de Santé de cette armée a dû, pendant cette période, assurer au milieu de difficultés inouïes, toutes les obligations imposées à la guerre la plus active. La direction de ce service était entre les mains du médecin inspecteur général Bassères, auteur de l'ouvrage que nous avons à apprécier. Il lui a fallu organiser, au milieu des vicissitudes les plus graves, le relèvement, l'évacuation et l'hospitalisation des innombrables blessés, les soins à donner aux malades et, par surcroît, alors qu'il avait lui-même à faire face aux épreuves les plus sévères de cette phase formidable de la guerre, apporter une aide puissante aux armées voisines. Ce médecin de l'Armée, qui s'est révélé un organisateur de premier ordre, animé d'un sang-froid remarquable et d'une véritable science de la stratégie sanitaire, a écrit un ouvrage qui est d'un enseignement exceptionnellement utile pour l'avenir.

Il a paru à la Commission que le prix Larrey, accordé à M. le médecin inspecteur général **Bassères**, constituait une récompense doublement méritée à la fois par l'œuvre médicale qu'il a accomplie et par la description sobre et d'une éloquence saisissante qu'il en a faite.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CHARLES MAYER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil.)

Le prix n'est pas décerné; il est renvoyé à l'année prochaine.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André-Charles Guillaume**, docteur en médecine, pour son *Essai de morpho-physiologie normale et pathologique des petits vaisseaux superficiels.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission propose à l'Académie de décerner le prix La Caze à M. **Emmanuel Hédon**, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Montpellier, pour ses nombreux travaux scientifiques et plus spécialement ses recherches approfondies sur la physiologie du pancréas.

Tout de suite après la découverte fondamentale de Mering et Minkowski sur le diabète pancréatique, M. Hédon s'est attaché à l'étude de cette importante question. Dès 1890, soit depuis plus de trente ans, il

n'a cessé d'apporter des documents nouveaux, technique et théories, qui permettent de bien connaître toutes les conditions du diabète pancréatique, Il est essentiel de rappeler ici que la découverte retentissante de M. Banting sur les propriétés de l'insuline (extrait du pancréas) confirme d'une manière éclatante la plupart des faits que M. Hédon avait indiqués.

Simultanément avec Minkowski, il faisait l'expérience cruciale qui consiste à greffer sous la peau un fragment de pancréas. Si l'on fait alors l'ablation du reste du pancréas, on ne voit pas survenir de diabète. Donc, le pancréas agit par ses sécrétions (internes) sur la glycolyse. Ce ferment glycolytique, suivant l'expression de Lépine, n'est autre que l'insuline de Banting. Tout récemment, M. Hédon a montré qu'un chien ayant subi l'ablation totale du pancréas (qui serait par conséquent mort en trois semaines), vit depuis six mois grâce aux injections d'insuline.

D'autres travaux d'excellente physiologie sont dus à M. **Hédon**, notamment sur la coagulation du sang, sur le chloralose, sur l'irritabilité, et il enseigne brillamment la physiologie depuis trente ans à de nombreuses générations d'étudiants.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Paillot**, directeur de la station entomologique du sud-est, à Saint-Genis-Laval, pour son ouvrage intitulé : *Les maladies bactériennes des insectes*; *utilisation en agriculture des bactéries entomophytes.*

On sait depuis longtemps que les Insectes ont leurs parasites microbiens comme les Vertébrés; mais on n'avait pas idée du grand nombre d'espèces qui parasitent même une seule espèce d'insectes. Cette notion ressort clairement des études approfondies de M. **Paillot**, et encore se borne-t-il — bien qu'il ait aussi découvert diverses microsporidies de chenilles — aux bactéries parasites dans le travail qui nous est présenté et qui lui a servi de thèse de doctorat ès sciences naturelles.

Chaque espèce bactérienne est étudiée avec soin, tant au point de vue morphologique que biologique (caractères culturaux et virulence). La réaction de l'organisme est aussi examinée dans les plus grands détails : rôle des leucocytes (étudiés eux-mêmes à l'état normal et à l'état réactionnel), et des humeurs auxquelles M. **Paillot** fait jouer un rôle important. Il y a là, ébauché, un nouveau chapitre d'immunologie, qui constitue une intéressante contribution à une question, toujours à l'ordre du jour, de la physiologie expérimentale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Widal; Quénu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le Dr **Henri Vignes**, accoucheur des hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Physiologie obstétricale normale et pathologique.*

L'ouvrage comprend, d'une part, une mise au point d'un bon nombre de questions, et, d'autre part, des recherches personnelles, particulièrement sur les glandes endocrinées au cours de la gestation, sur la croissance du fœtus, les ovaires pendant la grossesse, la contraction utérine et ses anomalies, etc. La valeur de ces recherches nous incite à proposer d'attribuer à M. **Vignes** le prix Martin-Damourette.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de donner le prix Philipeaux à MM. **Antoine-Léon Garrelon** et **Daniel Santenoise**, qui ont entrepris de très intéressantes recherches non seulement sur le réflexe oculo-cardiaque dont ils ont patiemment et méthodiquement analysé les modalités, mais encore sur le tonus vago-sympathique qui présente

des variations remarquables sous l'influence des actions toxiques diverses, et en particulier selon les sécrétions des glandes endocrines.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Lecomte, d'Ocagne; Tisserand, Émile Borel, rapporteurs.)

Un prix de 1000^{fr} est décerné à M. **Michel Huber**, directeur de la Statistique générale de la France, pour l'ensemble de son œuvre statistique.

Un prix de 1000^{fr} est décerné à M. **Émile Lambert**, administrateur délégué de la Société Lambert-Rivière des engrais et produits chimiques destinés à l'agriculture, pour son œuvre statistique.

Rapport de M. Émile Borel *sur les travaux de M.* **Michel Huber**.

M. **Michel Huber** est l'auteur de nombreuses études statistiques sur les sujets les plus variés, parmi lesquelles on citera, en ce qui concerne la démographie : divers travaux sur la mortalité infantile, sur la mortalité professionnelle comparée en France et en Angleterre, sur les statistiques de morbidité et une curieuse table d'extinction et de durée des mariages en France. Parmi les sujets d'ordre économique qu'il a abordés, figurent l'étude des méthodes employées pour les recensements généraux de la production, la statistique comparée des forces motrices en divers pays, les mouvements des prix, du coût de la vie et des salaires, etc.

Successivement statisticien, sous-directeur et directeur de la *Sta-*

tistique générale de la France, M. Huber a pris depuis plus de vingt ans, une part importante à tous les travaux de ce service : recensements quinquennaux, statistiques sur le mouvement de la population, les institutions d'assistance, les prix, le coût de la vie, etc.

Parmi les publications officielles qu'il a été chargé d'établir, il convient de citer spécialement deux importants ouvrages qui rendent de précieux services aux statisticiens : la statistique internationale du mouvement de la population, dans tous les pays, depuis l'origine des relevés de l'état civil, source de renseignements pour les études démographiques; le Répertoire technologique des noms d'industrie et de professions, en allemand, anglais et français, avec notices descriptives. Ce volume facilite les comparaisons portant sur les statistiques professionnelles et industrielles des divers pays en précisant la signification des termes employés dans ces statistiques.

Par l'ensemble de ses travaux tant scientifiques que professionnels, M. **Michel Huber** semble particulièrement digne du prix Montyon de Statistique.

Rapport de M. Tisserand *sur les travaux de M.* **Émile Lambert.**

J'ai l'honneur de proposer pour le prix Montyon de Statistique de 1924, M. **Émile Lambert** dont l'œuvre de statistique dans les dernières années, est des plus considérables et me semble le mieux répondre aux conditions d'attribution de ce prix.

I. M. Émile Lambert est dans l'industrie des engrais chimiques depuis plus de 35 ans. A ses débuts, il a découvert et exploité des gisements de phosphates dans le nord de la France, puis il s'est livré à l'industrie des engrais minéraux où par ses recherches et ses créations, il a pris un rôle de premier ordre. Il est aujourd'hui administrateur-délégué de la Société Commerciale Lambert-Rivière, des Engrais et Produits chimiques destinés à l'Agriculture.

L'importance de ses travaux et sa haute compétence, l'ont fait appeler à la place de Conseiller du Commerce extérieur et lui ont valu la Croix de Chevalier de la Légion d'honneur.

Avant l'apparition des premières publications de M. Lambert, il n'y avait à proprement parler pas de statistique des engrais chimiques, ni officielle, ni privée. Les industriels, les commerçants, les agriculteurs, les économistes, les savants, les pouvoirs publics, etc. n'avaient

à leur disposition, pour les éclairer, que de rares et vagues documents, des publications éparses, isolées et bien incomplètes, et cependant, déjà en 1900, la production et la consommation des engrais chimiques avaient pris un développement énorme; M. Lambert avait prouvé, autant qu'on le pouvait alors, que l'agriculture mondiale en employait déjà dans l'an 1910 pour 1800 millions de francs dont la quote-part de la France s'élevait à 250 millions.

Pour combler cette lacune, il fallait recueillir les documents disséminés un peu partout en Europe, en Amérique, en Afrique, en Asie; les réunir, les contrôler, les condenser et en tirer un corps de données précises. M. Lambert, pour accomplir cette lourde tâche, s'est livré à un véritable travail de bénédictin. Après plusieurs années de recherches patientes, d'investigations multiples et d'un labeur opiniâtre et continu, il a pu arriver à mettre à jour par ses propres moyens, avec la collaboration de son parent, M. Max Lambert, docteur en droit, une statistique méthodique et raisonnée dont les éléments ont été puisés aux sources les plus sûres et les chiffres contrôlés avec le plus grand soin.

II. Sa première publication date de 1912, elle a paru sous le titre de *Annuaire statistique des Engrais et produits chimiques destinés à l'Agriculture*, par Émile et Max Lambert. C'est un volume de 328 pages contenant une courte préface de M. Aguillon, inspecteur général des Mines et un avant-propos des plus sobres de l'auteur; tout le reste du livre est occupé par des tableaux de chiffres méthodiquement groupés et d'une lecture facile. On y trouve une étude des plus complètes sur l'état de nos connaissances telles qu'elles ont pu être relevées par l'auteur, sur les engrais en usage : nitrate de soude, nitrate de chaux, cyanamide, sulfate d'ammoniaque, guano, sels potassiques, phosphate de chaux, superphosphate, scories de déphosphoration, etc. Pour chacune de ces substances, des tableaux font connaître leur origine, leur développement année par année, leur production aux lieux d'extraction ou de fabrication, la consommation mondiale qui en est faite, par pays, et année par année, de 1900 à 1911 inclusivement, le mouvement commercial dont elles font l'objet, importations et exportations, stocks, indices de prix pris dans les centres de production et dans les centres de consommation, etc. Tout est présenté avec clarté et précision.

III. Pendant la Guerre et même après, par suite des perturbations profondes apportées dans toutes les branches d'industrie et plus parti-

culièrement dans celle des engrais chimiques, en raison de l'emploi par l'armée de nombre de matières azotées, potassiques et phosphatées, MM. Lambert ont dû suspendre la publication de leur annuaire qu'ils voulaient annuelle. Ils l'ont reprise aussitôt que les circonstances l'ont permis. En 1922, le volume deuxième a fait son apparition. Cet annuaire, qui compte 343 pages, comprend deux parties distinctes : la première donne les tableaux de la production, de la consommation *mondiale* et du mouvement commercial des engrais chimiques, année par année, de 1910 à 1920. La deuxième renferme, par Etat distinct, ceux de la production, de la consommation des engrais et produits chimiques utiles à l'agriculture, pendant la même période décennale dans chacun des principaux pays, avec mention de leur superficie territoriale, de leur population, de la répartition de leurs cultures, du relevé des importations et exportations, des frêts de transports et de l'échelle des prix. C'est là une innovation précieuse qui permet d'apprécier le rôle de chaque contrée dans la formidable progression du commerce des engrais chimiques.

Deux annuaires publiés en 1923 et en 1924 sont venus compléter et mettre à jour les renseignements fournis par les annuaires Lambert de 1912 et 1922.

Ces documents permettent de nous rendre compte de la situation à ce jour de la production et du commerce des engrais chimiques dans tous les pays et particulièrement en France. Ils nous donnent le moyen de connaître en détail les progrès accomplis dans cette voie et d'entrevoir ceux qui sont à réaliser. Avec leur aide nous pouvons constater la reprise rapide en France de l'industrie des phosphates et de l'exploitation des gisements de potasse en Alsace-Lorraine. Pour les phosphates, notre production dans l'Afrique du Nord, qui était en 1913 de 2 452 000 tonnes métriques, s'est élevée en 1923 à 3 482 000 tonnes. Nos usines ont fabriqué, en 1923, 2 millions de tonnes de superphosphates dont la presque totalité est consommée par nos agriculteurs. Notre production de scories de déphosphoration; 585 000 tonnes en 1923, va prendre une grande extension avec le retour à la France des puissantes aciéries de Lorraine.

Les grands gisements de potasse découverts en Alsace par des Français nous promettent de semblables avantages; d'après les relevés de M. Lambert, les Allemands s'étaient gardés d'en tirer parti, pour ne pas créer de concurrence aux exploitations de Stassfürth; en 1913,

leur exploitation donnait en Alsace 350 000 tonnes de sels potassiques. En 1923, nos ingénieurs en ont extrait quatre fois plus (1 026000 tonnes).

Malheureusement, la statistique Lambert nous fait voir que, pour les engrais azotés, nous sommes restés stationnaires et dans un état d'infériorité notable à l'Allemagne qui a produit près d'un million de tonnes de sulfates d'ammoniaque contre 88 500, fabriquées en France.

On peut espérer que cette situation déplorable va prendre fin par la création et le développement des usines de synthèse de l'ammoniaque par les procédés Georges Claude, Casale et Haber, qui nous affranchiront ainsi du lourd tribut que nous payons à l'étranger.

Tels sont les faits qui ressortent des recherches de statistique de M. Lambert : ils sont impressionnants; aussi a-t-on pu dire que les annuaires Lambert nous fournissent l'image aussi exacte que la matière le comporte, de la situation de l'industrie, du commerce et de l'emploi des engrais chimiques dans le monde, particulièrement en France; ils nous éclairent sur le passé, nous montrent le présent et nous permettent d'envisager un avenir réconfortant pour notre agriculture.

L'ampleur que M. **Émile Lambert** a donné à ses recherches et les remarquables résultats auxquels il est arrivé, justifieront, je l'espère, la proposition que j'ai l'honneur de faire en sa faveur.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Daniel Berthelot; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à M^me^ **Hélène Metzger**, docteur ès lettres de l'Université de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les doctrines chimiques en France, du début du* XVII^e^ *à la fin du* XVIII^e^ *siècle.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille est décernée à :

feu M. **André Brochet**, lauréat du prix Montyon des arts insalubles;
M. **Louis-Jacques Simon**, lauréat du prix Jecker;
M. **Camille Matignon**, lauréat du prix La Caze;
M^lle^ **Suzanne Veil**, lauréate du prix Cahours;
M. **Pierre Chevenard**, lauréat du prix Houzeau.

MÉDAILLE LAVOISIER.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

Le Bureau propose à l'Académie de décerner cette haute distinction à M. **Joseph-Achille Le Bel**, pour son œuvre chimique, à l'occasion du cinquantenaire de la découverte du carbone asymétrique.

L'Académie adopte la proposition du Bureau.

PRIX GÉNÉRAUX.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat; Emile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Paul Montel**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur les suites de fonctions analytiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Haller, Schlœsing, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy ; Bouvier, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Recherches sur la biologie des Œstrides et en particulier sur l'Œstre du bœuf.

Lorsque la Commission du prix Bordin fit le choix de ce sujet pour 1924, la question en valait la peine à cause des pertes que causent à l'élevage et aux industriels les larves ou varrons de l'Œstre du bœuf, à cause également de la biologie de cette espèce dont les mœurs à l'état larvaire sont vraiment extraordinaires. Comment ces larves arrivent-elles sous la peau où elles produisent les tumeurs perforées au sommet qui caractérisent les animaux varronnés ? Cette question avait été en partie résolue en Amérique par Curtice pour l'*Hypoderma lineata*, et en Allemagne par Jost pour l'*H. bovis*, notre Œstre du bœuf; mais quantité de points restaient et sont encore mystérieux dans cette histoire, entre autres ceux relatifs aux voies suivies par les jeunes larves pour arriver au dos de l'animal où ils produisent les tumeurs. Dans une longue série de recherches effectuées, soit seul, soit en collaboration avec M. Tain-

turier et M. der Gayets, M. **Clément Vaney**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, a multiplié observations sur observations pour connaître ces voies. Il confirme les observations de Curtice et de Jost, qui paraissaient extraordinaires et montre comme eux que les jeunes larves passent par les parois de l'œsophage pour atteindre le dos; mais il pense qu'elles peuvent arriver à l'œsophage soit par la voie buccale, soit directement par la peau, conciliant ainsi des opinions fort débattues; l'observation qu'il fit sur un veau né en décembre et varronné au printemps suivant semble montrer que la voie buccale et le léchage des larves doivent être incriminés dans le varronnage.

Ces études sont longues, difficiles et surtout très coûteuses à cause du bétail mis en expérience. M. **Vaney** a réussi à les faire progresser très utilement; c'est pourquoi votre Commission vous propose de lui attribuer le prix Bordin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Henry Cardot**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine, et **Henri Laugier**, chef des travaux de physiologie à la Faculté des sciences, pour la découverte et l'étude du réflexe linguo-maxillaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Hamy, Villard, Branly, Berthelot, Borel; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à feu M. **Claude Guichard**, correspondant de l'Académie, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de géométrie supérieure.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, A. Lacroix, Deslandres, Villard, Moureu, Urbain, Perrin, de Broglie; Haller, rapporteur.)

M. **André Debierne**, professeur à l'École de physique et de chimie de la ville de Paris, a débuté dans la science par des recherches de Chimie organique, et a été le premier à montrer qu'on pouvait racémiser le camphre au moyen du chlorure d'aluminium.

En collaboration avec M. Urbain, il détermina ensuite le poids moléculaire de quelques acétylacétonates. Il cherchait alors sa voie.

Pierre Curie, son maître à l'École de Physique et de Chimie, lui proposa de l'associer à ses travaux. Cette collaboration fut, hélas, de courte durée. Elle se rapporte à la radioactivité induite qui est l'étude des dépôts radioactifs dus à la désingrégation des émanations.

Après la mort de Pierre Curie, M. Debierne poursuivit seul l'étude entreprise en commun sur les dépôts radioactifs issus de l'émanation du radium, et il l'étendit aux dépôts que donne l'émanation de l'*actinium*, élément radioactif nouveau, qu'il avait découvert entre temps, presque au début des recherches chimiques sur le traitement de la pechblende. Parmi les nombreuses découvertes de M. Debierne, celle de l'actinium prime toutes les autres. Voici pourquoi : les éléments radioactifs s'engendrent les uns les autres et l'on y distingue trois familles : ce sont celle de l'uranium et du radium, celle du thorium, celle enfin de l'actinium.

Non seulement M. Debierne a découvert l'actinium, mais avec cet élément, il a mis au jour toute la famille dont ce corps privilégié porte le nom. C'est que, parmi les éléments qui vivent et qui meurent, l'actinium se présente d'une façon singulière et quelque peu déconcertante. Il n'a pas de rayonnement connu qui le caractérise en propre. Il ne se manifeste que par la radioactivité de ses descendants, et plus particulièrement celle de son émanation dont la vie moyenne est de 5,6 secondes. Dans les produits concentrés, cette courte existence se révèle par des manifestations radioactives particulièrement vives. En effet, si l'on approche un écran au sulfure de zinc d'une préparation d'actinium, on observe sur l'écran un panache lumineux qui évoque l'idée d'une fumée de locomotive.

M. Debierne a su concentrer l'actinium avec le groupe des terres

rares. Pour obtenir ce résultat, une grande sagacité était nécessaire, car on sait que les traitements chimiques ont pour effet de séparer les uns des autres les divers éléments radioactifs d'une même famille. Au cours des traitements, l'actinium qui accompagnait les terres rares, se séparait de ses descendants, de sorte que la radioactivité disparaissait. Mais elle renaissait peu à peu pour disparaître de nouveau dans les traitements qui avaient pour but de le concentrer. Pour mener à bien une recherche de cet ordre, il fallait une rare ténacité et un esprit de méthode incapable de se laisser tromper par les apparences. Jamais élément ne fut plus difficile à saisir et, en y parvenant, M. Debierne a fait un véritable tour de force expérimental.

Les conséquences de cette découverte furent des plus importantes. En mettant en évidence la radioactivité induite provoquée par l'actinium, M. Debierne a mis au jour toute la lignée qui s'étend de l'émanation au plomb. Une découverte aussi capitale justifierait à elle seule l'attribution du prix Le Conte à son auteur. Mais l'actinium ne représente qu'une petite partie de l'œuvre de M. Debierne sur la radioactivité. Il a réuni tout ce qui ne concerne pas l'actinium en un mémoire qu'il a présenté comme Thèse de doctorat ès sciences. Ce mémoire n'a pas été, comme on pense, une thèse ordinaire. C'est, en effet, un véritable traité de radioactivité dans lequel il a exposé, non point le résultat des autres, mais les siens propres. Il y développe plus spécialement ses recherches sur les gaz produits par les substances radioactives, en l'absence ou en présence de l'eau. L'habileté expérimentale de M. Debierne éclate dans cette partie de son œuvre, car il a édifié parallèlement aux travaux de Sir W. Ramsay et Soddy, ainsi qu'à ceux de Sir E. Rutherford, parus sur le même sujet et à la même époque, la technique qui convient à l'isolement et à l'étude de gaz qui se présentent en quantités infiniment petites. Un appareillage spécial a dû être imaginé pour mener à bien cette étude. L'auteur a, de plus, su trouver les solutions simples qui permettent d'atteindre le but en évitant les causes d'erreur. En particulier, son travail sur l'isolement de l'émanation du radium est de tout premier ordre. On sait l'importance que joue l'*émanation* dans les recherches scientifiques relatives à la radioactivité, et nul n'ignore les applications thérapeutiques du radium. C'est en grande partie aux efforts de M. Debierne qu'on doit de savoir aujourd'hui soulager, de façon pratique, tant de misères pathologiques et de sauver bien des vies humaines.

Une autre partie de son œuvre mérite d'être mise en lumière. Ce

sont ses recherches concernant la fixation des poids atomiques des émanations radioactives.

On avait cru pouvoir atteindre ces constantes en déterminant leur vitesse de diffusion à travers une paroi poreuse. Cette méthode, appliquée par différents expérimentateurs, attribuait à l'émanation du radium un poids atomique voisin de 100. Mais la loi de Graham sur laquelle on s'appuyait n'était pas exacte. M. Debierne applique alors la méthode de Bunsen qui se rapporte aux vitesses d'écoulement des gaz à travers un petit trou percé en mince paroi. Cette vitesse est rigoureusement inversement proportionnelle à la racine carrée de la densité du gaz.

Telle est l'expérience que M. Debierne a su réaliser avec une surpenante exactitude avec l'émanation du radium dont on sait qu'on n'en peut obtenir plus de quelques dixièmes de millimètre cube à 0 et à 760^{mm} de mercure, à partir de 1^{g} de radium. Les pressions que l'auteur a mesurées dans ces délicates expériences sont de l'ordre de vingt millièmes de millimètre.

Avant d'opérer avec l'émanation, il s'exerce avec les gaz les plus divers et il n'aborde ses mesures définitives sur l'émanation que lorsqu'il est absolument certain de la valeur d'une méthode où il est obligé de tenir compte des phénomènes adiabatiques qui jouent un grand rôle dans la façon dont se comportent les infiniment petits qu'il parvient à manipuler avec sûreté. Le poids atomique obtenu par M. Debierne est 221, c'est-à-dire plus de deux fois plus grand que celui qu'on admettait jusqu'alors. Et ce nombre est conforme à celui obtenu par Sir W. Ramsay, à l'aide de pesées directes un an auparavant.

Bien d'autres recherches de M. Debierne sont importantes. Celles qu'il a entreprises avec Mme Curie sur le polonium et sur la détermination du poids atomique du radium sont marquées au coin de la même ingéniosité et de la même rigueur.

Dans toute son œuvre, il s'est montré à la fois comme un physicien des plus prévenus et un chimiste des plus habiles. Il sait dominer les questions théoriques et surmonter les difficultés expérimentales.

Les faits que nous venons d'esquisser montrent que l'homme et ses travaux sont de beaux exemples et que, par son grand talent et son noble désintéressement, M. **Debierne** est digne de recevoir de l'Académie cette haute distinction qu'est le prix Le Conte.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Bouvier, Termier, Joubin; A. Lacroix, Lecomte, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3500fr à M. **Franz Lœwinson Lessing**, professeur à l'Institut polytechnique de Petrograd, pour l'ensemble de son œuvre pétrographique, comprenant en particulier d'importants travaux théoriques sur la composition chimique des roches éruptives et des études sur les roches du Caucase et de l'Oural.

Un prix de 1500fr à M. **T. Husnot**, pour ses travaux de botanique.

Rapport de M. H. Lecomte *sur les travaux de M.* **Husnot.**

Dès 1882, l'Académie des sciences attribuait à M. **T. Husnot** le prix Desmazières pour ses travaux de botanique; en 1894, le prix Montagne lui était décerné pour le travail intitulé *Muscologia gallica*.

Depuis cette époque, M. Husnot, dont le zèle botanique ne s'est jamais démenti, a poursuivi d'importantes recherches sur les Graminées, Joncacées et Cypéracées d'Europe, sans abandonner la publication de la *Revue bryologique*, dont il est à la fois le fondateur, le rédacteur principal et l'éditeur. Cette revue compte actuellement plus de cinquante années d'existence.

La Commission du prix Houllevigue propose à l'Académie d'attribuer à M. **T. Husnot** une partie (1500fr) du prix de 1924 pour l'ensemble de ses travaux botaniques et pour la remarquable continuité de son zèle scientifique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Tisserand, Kœnigs, d'Arsonval, A. Lacroix, Lecomte; Émile Roux, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à l'**Institut prophylactique**.

L'Institut prophylactique a été fondé en 1916 et reconnu comme établissement d'utilité publique dans la même année. Il est dirigé par M. le Dr Arthur Vernes et a pour but la lutte contre les maladies vénériennes. Le premier dispensaire fut installé boulevard Arago, l'affluence des malades en fit bientôt ouvrir d'autres dans divers quartiers de Paris et dans la banlieue. Aujourd'hui, dix-huit dispensaires sont en activité; plus de 55 000 malades y ont été traités. Des subventions de l'État, de la Ville de Paris et des dons de personnes généreuses permettent de couvrir les frais de cette organisation charitable. Tout y est disposé pour que les patients y trouvent la discrétion et les attentions d'une consultation particulière. Ils sont avertis qu'il est de leur intérêt de continuer à fréquenter le dispensaire même après que toute manifestation morbide a disparu; on leur fait si bien comprendre la nécessité de l'assiduité et de la surveillance médicale prolongée que l'on trouve, à l'Institut prophylactique, de nombreux dossiers tenus à jour pendant des années. Un pareil résultat n'a pu être obtenu que grâce au zèle et à la conviction que le Dr Vernes sait inspirer à ses collaborateurs. Une méthode ingénieuse pour la recherche et la mesure des réactions humorales permettent de suivre le résultat du traitement. L'**Institut prophylactique** a donc créé un type de dispensaire qui rend les plus grands services à la population de Paris et de la banlieue, aussi la Commission propose-t-elle de lui attribuer le prix Berger.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Maquenne, Richet, Quénu, Bertrand; Moureu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Fourneau**, chef du laboratoire de chimie thérapeutique à l'Institut Pasteur, membre de l'Académie de médecine, pour l'ensemble de ses travaux de Pharmacologie.

Tous les travaux de M. Fourneau ont été consacrés à la chimie thérapeutique et à la chimie biologique. Il débuta il y a quelque vingt-cinq ans par des recherches sur les anesthésiques locaux. Elles le

conduisirent à la découverte de la stovaïne, anesthésique qui est aujourd'hui universellement connu.

Les autres recherches, entreprises dans les voies les plus diverses, ont également abouti à la mise au jour, dès avant la Guerre, de médicaments chimiques fort intéressants, tels que l'antodyne, qui est un antipyrétique; le quiétol, hypnotique léger; l'algolane, substitut inodore de salicylate de méthyle.

Après la Guerre, M. Fourneau a poursuivi activement l'étude, commencée bien longtemps auparavant, des médicamants antisyphilitiques et trypanocides.

Les recherches sur l'arsenic, faites en collaboration avec M. et Mme Trefouel et A. Navarro-Martin, ont été publiées dans les *Annales de l'Institut Pasteur*, où elles forment un grand mémoire (près de 70 pages). On y trouve la constatation d'une multitude de faits très importants en ce qui concerne les modifications de l'action curative produite par des changements d'ordre chimique. C'est certainement la plus importante contribution qui ait été apportée à la connaissance des dérivés de l'arsenic depuis le célèbre travail d'Ehrlich et de Hata.

Le résultat principal de ces travaux a été la découverte des remarquables propriétés de l'acide acétylaminophénolarsinique, qui déjà est partout connu sous le nom de stovarsol. *Contrairement aux autres produits arsenicaux, le « Stovarsol » agit par la voie buccale*, et tout aussi bien, sinon mieux, que par la voie intraveineuse. Il a une action curative très nette sur la syphilis, mais, surtout, il prévient, pris à temps, l'éclosion de la maladie après tout rapport sexuel avec des personnes infectées (sauf dans le cas d'arséno-résistance). Ce médicament est donc appelé à rendre de grands services, aussi bien pour le traitement de la syphilis, dans tous les cas où l'injection intraveineuse ou sous-cutanée n'est pas possible, par suite de l'éloignement de tout centre hospitalier (colonies, pays dépourvus de médecins, etc.), que pour la prophylaxie de cette maladie en l'empêchant de se déclarer. Il faut ajouter que, grâce aux travaux du Dr Marchoux, le stovarsol, qui primitivement ne semblait destiné qu'à la lutte contre la syphilis, s'est révélé comme un précieux remède spécifique de certaines infections intestinales, en particulier de la dysenterie amibienne.

Voici, enfin, dans le domaine des trypanosomiases, un aperçu des recherches que M. Fourneau vient de publier, avec la collaboration de M. et Mme Trefouel et de J. Vallée.

Vers la fin de l'année 1920, on entendit parler pour la première fois, sous le nom de « 205 Bayer », d'un nouveau médicament trypanocide, qui avait été trouvé dans les laboratoires d'une grande firme allemande de produits chimiques (Farbenfabriken v. Bayer). La composition en était sévèrement tenue secrète; on savait seulement qu'elle ne contenait ni arsenic ni antimoine. Le premières publications montrèrent qu'il s'agissait d'une substance douée d'un pouvoir trypanocide exceptionnel, de beaucoup supérieur à celui de tous les médicaments employés jusqu'alors dans le traitement des trypanosomiases. Tandis que 12^{mg} de 205 ne tuaient pas une souris de 20^{g}, il suffisait de $\frac{1}{16}$ de milligramme pour la débarrasser définitivement de ses trypanosomes. Après des recherches systématiques, qui ont duré plus d'une année, M. Fourneau et ses collaborateurs sont arrivés à préparer une substance désignée sous le n° 309, qu'ils croient, d'après ses propriétés physiques et son action tripanocide, absolument identique au n° 205 Bayer : c'est l'urée symétrique de l'amide méta-aminobenzoyl-méta-amino-para-méthylbenzoyl-*l*-naphtylamino-4.6.8-trisulfonate de sodium. Substance compliquée, à poids moléculaire élevé (1428), qui est une sorte de polypeptide à noyaux aromatiques.

Frappé par l'originalité et la portée des découvertes chimiothérapiques de M. **Fourneau**, votre Commission est unanime à vous proposer de lui décerner le prix Parkin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Termier, Marchal, Mesnil; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 1500^{fr} au Père **Paul Camboué**, membre de l'Académie malgache de Tananarive, pour ses travaux sur les séricigènes de Madagascar.

Un prix de 1500^{fr} à M. l'abbé **Jean-Jacques Kieffer**, pour ses travaux sur les Diptères et Hyménoptères parasites.

Le P. **Camboué** est un vétéran de la colonisation malgache. Après la guerre de 1870, où il gagna les galons de sous-lieutenant, il professa

quelque temps en France, puis fut envoyé comme missionnaire à Madagascar où il se trouvait au moment de la conquête et où il se trouve encore actuellement. Sa connaissance de la grande île, et son goût inné pour les recherches de la nature, l'ont mis en relation avec tous les administrateurs et les savants qu'intéressait ce riche domaine. A tous il a rendu et ne cesse de rendre les plus grands services, et son nom revient continuellement dans les travaux relatifs à Madagascar. Luimême s'est occupé particulièrement de séricigènes, et dans ce groupe il a provoqué l'utilisation d'une forte araignée de Madagascar dont la soie offre un bel éclat et sert à tisser des étoffes très résistantes. Ses travaux sur les papillons séricigènes malgaches lui ont valu le prix Duseigneur Kléber de la Chambre de commerce de Lyon. On lui doit également des observations sur la flore, sur les criquets voyageurs, sur les araignées maçonnes de Madagascar, et dernièrement encore, il envoyait au Muséum le nid et les habitants d'une araignée sociale particulière à l'île. Pour ses services et pour ses travaux, il mérite les encouragements de l'Académie qui lui décerna jadis le prix Savigny.

Toute autre, mais non moins importante, est l'œuvre de M. l'abbé **Jean-Jacques Kieffer**. Professeur au collège de Bitche, ce travailleur infatigable a consacré tous ses loisirs à l'étude systématique des insectes ailés extraordinairement menus et délicats qui intéressent au plus haut degré la biologie et l'agriculture : les Cécidomyies qui sont de minuscules Diptères, très remarquables par la variété de leurs mœurs, les Cynipides qui constituent le groupe des Hyménoptères gallicoles et diverses familles d'Hyménoptères entomophages, parmi lesquels il faut citer à cause de son importance, la riche et vaste famille des Chalcidides. Sauf quelques rares exceptions, ces derniers comptent parmi les auxiliaires les plus utiles de l'agriculture à cause des Insectes qu'ils détruisent en y déposant leurs pontes; en raison des ravages qu'elles produisent dans nos cultures, certaines Cécidomyies sont également d'un grand intérêt pour l'agriculture, tandis que d'autres rivalisent avec les Cynipides dans l'art de produire des galles; dans ce dernier groupe, M. Kieffer est un maître auquel on a recours de toutes parts, à l'étranger aussi bien qu'en France;. En somme, M. **Kieffer** a défriché et défriche encore un vaste et difficile territoire, avant lui presque inculte, où chaque jour fait surgir de fructueuses récoltes. On ne saurait trop l'encourager à poursuivre l'œuvre délicate et laborieuse qu'il a entreprise.

Pour ces motifs, votre Commission propose d'attribuer parties égales du prix Saintour au P. **Camboué** et à M. l'abbé **Kieffer.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Ouvrages de Science.)

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, A. Lacroix, Appell, Moureu, Janet; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Maurice Vèzes**, professeur honoraire, et **Georges Dupont**, professeur, à la Faculté des sciences de Bordeaux, le premier directeur-fondateur et le second directeur technique de l'Institut du Pin, pour leur ouvrage intitulé : *Résines et térébenthines. Les industries dérivées.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Maquenne, Mangin, Charles Richet, Leclainche; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer :

Un prix de 2000^{fr} à M. **Émile Roubaud**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son travail sur le sommeil d'hiver préimaginal des muscides.

M. **Roubaud** a présenté deux travaux : un premier sur le sommeil d'hiver des Mouches communes. Il montre que l'assoupissement hivernal qui atteint certaines espèces de mouches à l'état de larves ou de nymphes, n'est nullement provoqué par le froid, mais doit être conçu comme un état de fatigue ou d'asthénie, survenant d'une manière obligatoire chez une génération déterminée du cycle annuel.

La génération affectée d'asthénie cyclique se montre surchargée par les excreta uriques. Son état, hérité des générations antérieures, correspond à une intoxication générale par les déchets de l'activité métabolique. Elle est vouée à la mort si les facteurs d'arrêt de cette

activité, le froid ou l'anhydrobiose, ne lui imposent une cure obligatoire de repos physiologique et de décharge excrétrice. Les basses températures d'hiver réalisent cette cure indispensable de réactivation qui doit donner à l'espèce une vigueur nouvelle.

Dans son deuxième travail, M. Roubaud étudie des faits analogues présentés par certains Moustiques; il en fait ressortir des directives utiles au point de vue de la lutte contre ces insectes, en appelant l'attention sur l'importance physiologique de leur hibernation, véritable cure réactivante qui préside au rajeunissement de l'espèce.

La Commission propose d'attribuer à M. **Roubaud** une somme de 2000^{fr} sur le prix Lonchampt.

Un prix de 1000^{fr} à M. **Ernest Lobstein**, chef des travaux de la Faculté de pharmacie de Strasbourg, pour ses recherches biochimiques sur le bacille tuberculeux.

Un prix de 1000^{fr} à M. **Paul Fleury**, préparateur du cours de chimie biologique à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses recherches sur la laccase.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Guignard, Bigourdan, Kœnigs, Borel; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Charles Maurain**, professeur à la Sorbonne, pour l'ensemble de ses travaux et pour l'organisation des recherches à l'Institut de physique du globe dont il a la direction.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager; d'Ocagne, rapporteur.)

M. **Caquot** ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur du Cours de construction et résistance des matériaux à l'École des mines, s'est placé au premier rang des constructeurs de notre époque, à la fois

par l'importance des ouvrages d'art dont il a conçu le projet et dirigé l'exécution, et par les solutions entièrement nouvelles et originales qu'il a données de problèmes se posant à l'occasion de ces constructions. Sans passer ici en revue toutes ces solutions, il convient de mentionner spécialement celles qui se rapportent aux objets suivants :

1° Guidage cinématique exact des rouleaux de dilatation dans les ponts, employé avec un succès complet, depuis 1912, dans des centaines d'appuis;

2° Appuis à rouleaux inclinés propres à augmenter la stabilité des culées tout en diminuant l'effort de tension dans la membrure inférieure, très heureusement appliquée au Pont Maudit, à Nantes, et destinés à devenir promptement classiques;

3° Orientation des rouleaux de dilatation en vue de tenir compte des mouvements transversaux, récemment appliquée au Pont de Saint-Quentin;

4° Dispositif d'encastrement des poutres sur les piles, permettant d'éviter la production de moment fléchissant sur leur fondation, qui a permis à M. Caquot de venir à bout des difficultés spéciales qu'a offertes la construction du grand pont de Glascow;

5° Liaison transmettant des efforts tranchants et permettant les oscillations et les dilatations thermiques, utilisables pour les ponts construits en cantilever, réalisée au nouveau pont de Lagny et, avec une autre variante au grand pont de la Vésubie, près de Nice;

6° Cintres à grande portée renforcés progressivement par les éléments de la construction définitive, sorte de généralisation du procédé de construction par rouleaux, déjà utilisé dans le cas des ponts en maçonnerie de grande portée, permettant, grâce à un ordre déterminé d'avance dans la construction définitive des éléments, d'obtenir à chaque instant la réalisation d'un organe doué d'une résistance qui croisse plus rapidement que le poids de l'ouvrage; des applications remarquables de ces principes ont été faites dans la construction du Pont Maudit, à Nantes, et du Pont de Tréguier.

Tous les travaux qui précèdent rentrent strictement dans le programme du Prix Caméré. Il n'est toutefois pas inutile d'ajouter que M. Caquot, chargé pendant la guerre de diriger les services techniques de l'aéronautique, y a fait également montre d'une exceptionnelle aptitude pour l'adaptation des principes de la science à des fins techniques, en imaginant non seulement un nouveau type de ballon d'obser-

vation, maintenant adopté par toutes les nations, mais encore nombre de dispositifs de détail et d'instruments de mesure qui sont de la plus haute utilité en aéronautique.

A l'unanimité, la Commission est d'avis de décerner le prix Caméré à M. **Caquot**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Guignard; Bouvier, rapporteur.)

Le prix Gustave Roux est destiné à « récompenser un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie ». M. **Eugène Séguy**, préparateur d'entomologie au Muséum, et spécialiste des Insectes diptères, semble répondre merveilleusement à ces conditions. C'est un habile et acharné travailleur, un passionné de la recherche et, quoique relativement jeune, il a déjà produit une œuvre considérable. Parmi les travaux qui constituent cette œuvre, votre Commission a remarqué spécialement le volume des *Anthomyides* que M. Séguy a rédigé pour la « Faune française » et qui fait vraiment belle figure dans cette collection publiée sous les auspices de l'Académie. Ce volume donne une idée parfaite des Diptères anthomyiaires qui habitent nos régions, depuis la Mouche domestique jusqu'aux Œstres que M. Séguy, pour des raisons scientifiques sérieuses, rattache au groupe des Muscides. Le texte en est clair et concis, les tables dichotomiques y sont précises et les illustrations tout simplement admirables; ces dernières sont l'œuvre propre de M. Séguy dont les talents de dessinateur et de naturaliste, quoique peu communs, se sont encore dépassés dans l'ouvrage. Le volume comprend l'étude descriptive et éthologique d'environ 800 espèces, à peu près autant de figures, ces dernières éclairant le texte, ce qui permet à l'ensemble, malgré son étendue, de ne point prendre des dimensions considérables. Il était jusqu'ici très difficile d'étudier les Mouches de France; grâce à M. Séguy, cette étude, importante à beaucoup de points de vue, sera désormais agréable et facile.

M. **Séguy** mérite un encouragement sérieux et votre Commission vous propose de lui attribuer le prix Gustave Roux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École nationale supérieure des mines.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre Mmes **Cusco** et **Ruck**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Philippe-Charles-André Coste**, né à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire), le 5 mars 1904, sorti avec le nº 1, en 1924, de l'École polytechnique.

Les ressources de la fondation ne permettant plus de donner au lauréat un exemplaire des œuvres de Laplace, une médaille portant l'inscription de son nom et de l'attribution du prix lui sera remise.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé, ainsi qu'il suit, entre les quatre élèves, dont les noms suivent, sortis en 1924 avec le nº 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des Mines et des Ponts et Chaussées :

M. **Philippe-Charles-André Coste**, sorti premier dans le corps des Mines, reçoit 750^{fr}.

M. **Lucien-Félix Chadenson**, sorti premier dans le corps des Ponts et Chaussées, reçoit 750^{fr}.

M. **Jean-Charles-Joseph Armanet**, sorti second dans le corps des Mines, reçoit 500^{fr}.

M. **Vincent-Louis-François-Pierre Bauzil**, sorti second dans le corps des Ponts et Chaussées, reçoit 500^{fr}.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Guignard).

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués cette année.

PRIX GEGNER.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

En proposant d'attribuer le prix Gegner à M. **Gustave Dollfus**, la Commission entend donner une marque de haute estime à un géologue qui a consacré une longue vie à l'étude désintéressée de la science.

M. G. Dollfus n'est pas un professeur. Obligé de demander à une profession qui n'a rien de scientifique les ressources nécessaires pour élever une nombreuse famille, il n'en a pas moins trouvé le moyen de consacrer une partie de son existence à l'étude de la géologie stratigraphique, de la paléontologie et de l'hygiène appliquée.

Depuis cinquante années, il a publié un nombre considérable de notes, de mémoires, de cartes. Collaborateur principal de la Carte géologique de France, il est une autorité pour tout ce qui touche à la géologie du Bassin de Paris, et, d'une façon plus générale, pour ce qui concerne les terrains tertiaires. Il a joué un rôle important dans l'étude des questions de l'alimentation des communes en eau potable, de l'examen géologique et hygiénique du régime des cimetières, etc.

Lauréat en 1905 du prix Fontannes, en 1924 du prix Prestwich de la Société géologique de France, il est aussi titulaire du prix Lyell de la Société géologique de Londres (1922).

L'attribution du prix Gegner couronnera dignement une carrière scientifique, laborieuse et utile.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Maquenne, Le Chatelier, Henneguy; Léon Guignard, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont attribués en prix à feu M. l'abbé **Hippolyte Coste**, curé de Saint-Paul-des-Fonts (Aveyron), pour sa *Flore descriptive et illustrée de la France*. Cet ouvrage important, qui

est entre les mains de tous les botanistes, comprend 3 volumes avec 4354 figures dans le texte.

L'Académie adopte la proposition de la Commission et décide que le montant du prix sera versé au Comité constitué pour l'érection d'un monument à la mémoire de ce savant.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Appell, Guignard, A. Lacroix; Émile Picard, rapporteur.)

Un prix de 2500^{fr} est décerné à M. **Georges Giraud**, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Bouvier, Appell, Guignard, A. Lacroix; Émile Picard, rapporteur.)

Un prix de 3000^{fr} est décerné à M. **René Garnier**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux sur les équations différentielles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Bigourdan, Émile Picard, Daniel Berthelot, H. Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 32 demandes. Après avis du Comité consultatif de la Fondation, le Conseil a décidé d'accorder les subventions suivantes :

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'Histoire naturelle.* — 10000^{fr} au P. **Pierre Teilhard de Chardin**, maître de conférences à l'Institut catholique de Paris, pour les recherches paléontologiques qu'il poursuit en Chine.

La Fondation Loutreuil a attribué l'an dernier une subvention de 10000^{fr} à ce géologue, afin de contribuer à une mission déjà subventionnée par le Ministère de l'Instruction publique et par le Muséum national d'histoire naturelle.

Les résultats obtenus par le P. Teilhard ont été particulièrement brillants. Il a exploré avec succès de riches gisements de mammifères fossiles, découvert les premiers gisements paléolithiques observés dans cette partie de l'Asie, fait des observations nouvelles sur les terrains primaires.

Aussi, a-t-il paru opportun de lui renouveler la subvention pour l'aider à poursuivre ses recherches pendant une année encore.

2° *Collège de France.* — 15 000^{fr} à M. **Henri Piéron**, professeur de physiologie des sensations au Collège de France, pour contribuer à l'acquisition du matériel de recherches du nouveau laboratoire de physiologie des sensations au Collège de France.

La nouvelle chaire de physiologie des sensations compte déjà plusieurs travailleurs; mais comme elle n'a pas encore été pourvue de ressources régulières, leurs travaux sont suspendus faute de matériel.

La subvention qui lui est accordée permettra à M. **H. Piéron** d'acquérir le premier matériel indispensable.

Comme de coutume, les Écoles vétérinaires, fort maigrement dotées par l'État pour les travaux de recherches, nous ont adressé de très nombreuses demandes. Les suivantes paraissent particulièrement justifiées et ont été accueillies favorablement, mais le rapporteur tient à faire remarquer que toutes ces demandes ressortissent à la première section de la Caisse des recherches scientifiques qui a dans ses attributions d'une façon toute spéciale l'étude des maladies des hommes et des animaux. Il est donc à désirer que dorénavant il soit fait surtout appel à cette caisse, richement dotée pour des travaux de la nature de ceux dont

il est question ici. Cette remarque s'applique à l'ensemble des Écoles vétérinaires et n'est spéciale à aucune d'entre elles.

3° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 2000fr à MM. **Albert Henry**, professeur, et **Charles Leblois**, chef des travaux, pour poursuivre leurs recherches sur l'étiologie, la pathogénie et le traitement des affections cutanées parasitaires des animaux domestiques.

3000fr à M. **Gabriel Petit**, professeur, pour poursuivre ses recherches sur la radioactivation de l'organisme par des injections intraveineuses de radium, sur l'obtention d'un sérum radioactif, sur les applications de ce sérum et la curiethérapie, notamment de certaines formes de démence.

2000fr à M. **Marcel Petit**, chef de travaux, pour poursuivre des recherches portant sur l'anatomie et plus particulièrement sur la myologie comparée.

4000fr à M. **Gustave Moussu**, professeur, pour ses recherches sur la diarrhée chronique ou entérite paratuberculeuse des bovidés, et la cachexie osseuse des porcelets d'élevage.

2000fr à M. **François Maignon**, professeur, pour ses recherches sur l'insuline et sur les éléments minéraux entrant dans la constitution des catalyseurs tissulaires d'origine animale et végétale.

4° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 2000fr à M. **Gabriel Marotel**, professeur, pour continuer ses recherches sur deux maladies parasitaires des animaux domestiques : la cylicostomose larvaire équine, et la gale démodécique du chien.

4000fr à M. **Joseph Basset**, professeur, pour terminer ses recherches sur la vaccination du charbon symptomatique et du charbon bactéridien.

2000fr à M. **L. Jung**, professeur, pour poursuivre ses recherches sur le rôle de la salive des divers animaux domestiques dans ses rapports avec leurs régimes alimentaires normaux, et pour ses recherches sur le mécanisme de l'action toxique de l'albumine pure.

5° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 2000fr à MM. **Jules**

Girard, professeur, et **Pierre Pons**, chef de travaux, pour leurs recherches sur les facteurs modificateurs de la croissance (influence de la température, des régimes spéciaux, de la castration).

3000fr à M. **Albert Daille**, professeur, pour compléter ses recherches sur l'étiologie et la sérothérapie de la diarrhée épizootique des veaux nouveau-nés.

2000fr à M. **Clément Bressou**, professeur, pour commencer des recherches sur la splanchnologie des mammifères (plus particulièrement des carnivores), par la méthode des repas et des injections radio-opaques.

II. — *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président.*

Conservatoire national des arts et métiers. — 4000fr à M. **Léon Guillet**, professeur, pour l'achat d'un second banc métallographique Le Chatelier.

Il semble bien que cette demande ait pour but de satisfaire non pas à des recherches, mais à l'enseignement; celui de M. Guillet est très suivi et il est intéressant d'aider à la diffusion des méthodes métallographiques nouvelles. C'est dans cette intention que la subvention a été accordée.

III. — *Sur demandes indépendantes.*

1500fr à M. **Jean Bosler**, directeur de l'observatoire de Marseille, pour le *Journal des observateurs*.

Le *Journal des observateurs*, fondé en 1915, par M. Henry Bourget, a pour but de mettre les savants français ou amis de notre pays à même de publier rapidement en France leurs observations.

La Fondation s'est intéressée, dès l'origine, à cette œuvre que le faible budget de l'observatoire de Marseille ne suffit pas à faire vivre, étant donné le nombre nécessairement restreint du tirage de cette publication.

5000fr à M. **Jean Charcot**, directeur du laboratoire de recherches maritimes de l'École pratique des hautes études, pour la remise en état

et l'achat du matériel, nécessités par l'étude géologique du fond des mers, et en particulier des bancs de l'entrée de la Manche et de ceux de l'Atlantique.

M. le commandant Charcot a entrepris sur le *Pourquoi-Pas?* des recherches géologiques du fond de la mer qu'il a poursuivies avec succès notamment dans la Méditerranée, dans la Manche, sur le banc de Rockall et au voisinage des Feroë. Ces recherches nécessitent l'établissement d'appareils coûteux de dragage qui sont rapidement mis hors d'état de service et qui, par suite, doivent être constamment réparés ou renouvelés. La subvention accordée y pourvoira.

3000^{fr} à M. **Henri Colin**, professeur à l'Institut catholique de Paris, pour l'achat d'une grille à analyse et de ses accessoires, en vue de poursuivre l'étude des hydrates de carbone nouveaux ou peu connus.

M. Henri Colin, lauréat de l'Académie, poursuit avec succès des recherches de biochimie végétale. Il s'attache pour l'instant à l'étude d'hydrates de carbone qu'il a extraits de diverses plantes.

La subvention lui servira à compléter son outillage.

1000^{fr} à M. **Benjamin Jekhowsky**, astronome à l'Observatoire d'Alger, pour la recherche des nouvelles petites planètes.

L'étude de clichés photographiques a permis à M. Jekhowsky de découvrir plusieurs petites planètes nouvelles. La subvention accordée l'aidera dans ses recherches.

15 000^{fr} à M. **Jean Mascart**, directeur de l'Observatoire de Lyon, pour la publication des observations d'étoiles variables.

M. Jean Mascart a fait de grands efforts pour coordonner les recherches effectuées sur les étoiles variables. L'Observatoire de Lyon qu'il dirige est devenu un centre pour ce genre d'études. La subvention accordée a pour but de contribuer à la publication des observations faites ou reçues, ainsi que des résultats que permet leur discussion.

3000^{fr} à l'**Office central de chauffe rationnelle**, pour l'étude de la composition d'un mélange d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone en équilibre en présence du carbone (combustibles solides naturels, tels que la houille), à diverses températures.

M. Mahler, directeur de l'Office central de chauffe rationnelle, désire entreprendre une étude ayant pour but de déterminer scientifiquement la conduite à adopter pour les gazogènes dans des conditions variées de

la pratique. Jusqu'à présent, on n'a fait de détermination sur les facteurs réglant cette conduite que dans le cas particulier du coke ou du charbon de bois. Il s'agirait d'étendre cette étude aux combustibles naturels, tels que la houille employée dans les gazogènes et pour lesquels, faute d'étude scientifique suffisante, les industriels sont encore indécis sur l'allure, chaude ou froide, qu'il convient d'adopter.

1500fr à M. **Paul Pallary**, instituteur, membre de la mission d'exploration scientifique du Maroc organisée par la Société de géographie pour poursuivre ses recherches dans le Moyen-Atlas.

M. Pallary, instituteur à Ekmühl (Oran), poursuit depuis de longues années dans l'Afrique du Nord des recherches d'histoire naturelle et notamment de zoologie et de préhistoire. La subvention accordée l'aidera pour un voyage au Maroc.

5000fr à M. **Edmond Roy-Prémorant**, ingénieur des travaux publics de l'État, pour la construction du tachylégomètre de son invention.

Cette subvention est destinée à permettre à un inventeur de réaliser un appareil de géodésie imaginé par lui, en vue d'obtenir la distance et la hauteur d'une mire par rapport au point d'observation au moyen de lectures faites exclusivement sur l'appareil lui-même, sans aucun relevé topographique.

6000fr à la **Société de physique industrielle**, pour l'étude de la mesure des débits de gaz et de vapeur dans l'industrie.

Cette nouvelle Société a besoin de ressources pour effectuer des recherches précises relatives à la mesure des débits de gaz et des vapeurs dans l'industrie.

Le Comité pense utile d'encourager ces études sur une question offrant de l'intérêt pour le contrôle de la marche des usines.

6000fr à l'**Université Saint-Joseph de Beyrouth** pour la publication de la Carte géologique de la Syrie, établie par le P. Godefroid Zumoffen.

Le P. Godefroid Zumoffen a consacré de très nombreuses années à réunir les éléments d'une carte géologique de la Syrie dont MM. Termier et de Margerie nous ont dit grand bien. Il s'agit aujourd'hui de publier cette carte et son texte explicatif. La subvention accordée hâtera la réalisation de ce projet.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 104000fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*

Muséum national d'histoire naturelle :	
M. l'abbé Teilhard de Chardin	10000fr
Collège de France :	
M. Henri Piéron	15000
École nationale vétérinaire d'Alfort :	
M. Albert Henry et Charles Leblois	2000
M. Gabriel Petit	3000
M. Marcel Petit	2000
M. Gustave Moussu	4000
M. François Maignon	2000
École nationale vétérinaire de Lyon :	
M. Gabriel Marotel	2000
M. Joseph Basset	4000
M. L. Jung	2000
École nationale vétérinaire de Toulouse :	
MM. Girard et Pons	2000
M. Albert Daille	3000
M. Clément Bressou	2000

2° *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président :*

Conservatoire national des arts et métiers :	
M. Léon Guillet	4000

3° *Subventions accordées sur demandes directes :*

M. Jean Bosler	1500
M. Jean Charcot	5000
M. Henri Colin	3000
M. Benjamin Jekhowsky	1000
M. Jean Mascart	15000
Office central de chauffe rationnelle	3000
M. Paul Pallary	1500
M. E. Roy-Prémorant	5000
Société de physique industrielle	6000
Université Saint-Joseph de Beyrouth	6000
Total	104000

FONDS BOUCHARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Richet, Quénu, Widal, Mesnil, Vincent; Bazy, rapporteur.)

M. le Dr **Gabriel Bidou**, membre de la Société des Ingénieurs civils de France, s'est acquis une réputation méritée auprès des chirurgiens et des neuro-pathologistes pour sa « *nouvelle méthode d'appareillage des impotents* ».

Il désirerait perfectionner cette méthode et établir une instrumentation qui, dans la recherche de la valeur des muscles et dans l'étude des fonctions de la moelle, fût indépendante de l'opérateur et de son coefficient personnel.

C'est ainsi qu'à 1° son appareil, dit appareil B, appareil de construction et de redressement des difformités; 2° le scoliographe automatique; 3° le musculomètre artificiel; 4° le compas d'orientation du pied; 5° le trusquin de repérage, il ajoutera pour les mettre tous sur le même appareil « le percuteur à réflexe et comparateur ».

Il veut aussi remplacer les dynamomètres dont la précision est toute relative parce qu'ils sont influencés par la qualité du métal, la température, et sont sujets à des déformations, par des manomètres à huile dont les indications sont fixes et précises.

Si l'on ajoute que le Dr **Gabriel Bidou** est père de 11 enfants (il en avait douze, il vient d'en perdre un), et qu'il a, par conséquent, de lourdes charges de famille, on comprendra que l'attribution qui lui est faite du fonds Bouchard, pour continuer ses recherches de neuro-physiologie et de traitement des impotents, est pleinement justifiée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Rateau, Lumière, Laubeuf, Rabut; Charpy, rapporteur.)

Dans le dernier chapitre de son livre sur *La silice et les silicates*, M. H. Le Chatelier insiste longuement sur l'importance que présente

pour l'interprétation des réactions métallurgiques, la connaissance des températures de fusion des laitiers et des coefficients de partage des divers composés qui peuvent exister à la fois dans le métal et dans le laitier; il indique, en même temps, combien est limité le nombre des données précises que l'on possède sur ce sujet, ce qui s'explique par la difficulté de réalisation des expériences à des températures très élevées et sur des corps qui attaquent, dans ces conditions, la plupart des récipients.

Diverses séries de mesures, parmi lesquelles on peut citer surtout celles de Shepherd, ont fourni d'importantes indications sur la fusibilité des mélanges de chaux, de silice et d'alumine. Il serait très intéressant d'avoir des données de même nature relatives aux mélanges de chaux avec les oxydes ferreux et ferrique, sur lesquels on est moins renseigné, ainsi qu'à l'influence, sur la fusibilité de ces mélanges, des corps qui s'y ajoutent fréquemment, tels que les phosphates de fer et de calcium, la magnésie, etc., et de ceux que l'on y introduit parfois intentionnellement, comme le fluorure de calcium.

La Commission du fonds Le Chatelier propose de confier à M. **Léon Jacqué**, ancien élève de l'École polytechnique, licencié ès sciences physiques, une étude sur cette question, les déterminations devant porter tant sur des mélanges préparés artificiellement que sur des laitiers prélevés dans des opérations industrielles.

Il lui serait alloué pour ce travail une subvention de 7000^{fr}.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURES.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice historique sur Alphonse Milne Edwards*, membre de la section d'anatomie et zoologie.

A. Lx et E. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1924.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ERRATA.

(Séance du 8 décembre 1924.)

Note de M. *Charles Henry*, Sur une formule de la théorie de la relativité :

Page 1313, ligne 12, *au lieu de* $\beta_1^3 \nu_1^3$, $\beta_0^3 \nu_0^3$, *lire* $\overline{\beta_1^3 \nu_1^3}$, $\overline{\beta_0^3 \nu_0^3}$ (quantités maxima communes).

(Séance du 15 décembre 1924.)

Note de M. *Kohn-Abrest*, L'indice de toxicité et l'utilisation de l'essence dans les automobiles :

Page 1453, ligne 9 au commencement, *au lieu de* $E = 0{,}96$, *lire* $E = 0{,}76$; ligne 12, *au lieu de* $E = 2{,}92$, *lire* $E = 0{,}92$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 14 décembre 1924, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Séjourné** pour occuper, parmi les Académiciens libres, la place vacante par la mort du Prince *Roland Bonaparte*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Séjourné** prend place parmi ses confrères.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Au sujet du système tétraédrique.* Note (¹) de M. **Ch. Lallemand.**

Invoquant les résultats d'expériences de Fairbairn, où des tuyaux de caoutchouc, comprimés extérieurement, avaient pris une section triangulaire à côtés concaves, Lowthian Green (²), vers 1875, avait émis l'idée que, par analogie, une sphère creuse, soumise à une pression extérieure, devait prendre une forme dérivée du tétraèdre.

Or, d'après lui, cette condition se trouvait réalisée dans la partie solide de l'écorce terrestre, obligée de se déformer pour rester appuyée sur le noyau central igné, en voie de retrait sous l'effet du lent et progressif refroidissement du globe.

(¹) Séance du 15 décembre 1924.

(²) *Vestiges of the molten Globe*, Honolulu, 1875.

Dans une Note récente (¹), ayant voulu soumettre au calcul cette hypothèse, M. Lecornu est arrivé à la conclusion qu'une enveloppe sphérique tout à fait homogène, extérieurement soumise à une pression uniforme, doit prendre une forme ellipsoïdale, aussi longtemps du moins que rien ne vient troubler l'équilibre des forces en présence.

On pourrait être tenté de voir là une condamnation de l'hypothèse de Green. Ce serait un jugement par trop superficiel de la question.

A l'appui de cette thèse, en effet, subsiste un fait qui ne paraît pas avoir été, en son temps, signalé dans les *Comptes rendus* de l'Académie et que je crois, par suite, utile de rappeler.

En 1887, voulant obtenir une confirmation expérimentale de la théorie de Green, j'avais aspiré peu à peu l'air contenu dans un ballon de caoutchouc et il avait pris la forme caractéristique représentée ci-dessous (²).

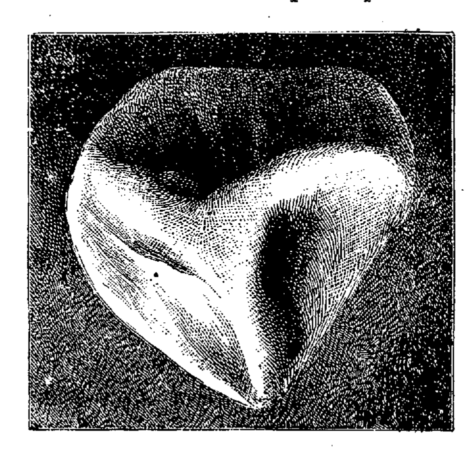


Image d'un ballon de caoutchouc dans lequel on a fait un vide partiel.

Plus tard, en Belgique, MM. Ghesquière et de Joly (³) ont obtenu la même confirmation pratique en faisant un vide partiel dans des ballons de verre ramollis par la chaleur.

J'avais, à l'époque, donné du fait cette explication théorique très simple:

En vertu du principe de la moindre action, l'enveloppe comprimée tend vers la forme qui lui impose le minimum de contraction superficielle,

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1105.
(²) *La Nature*, t. 15, 1887, p. 346.
(³) R. de Girard, *La forme de la Terre*, (*Revue thomiste*, t. 3, 1895, p. 497).

autrement dit, qui embrasse le plus petit volume sous une surface extérieure donnée. Or, cette forme est celle du tétraèdre régulier, que rappelle assez bien la distribution des quatre Continents et des quatre grands Océans à la surface de la Terre.

Mais les irrégularités de toutes natures existant dans l'écorce et dans les actions qu'elle subit compliquent alors par trop le problème pour le laisser accessible au calcul.

ÉLASTICITÉ. — *Équations d'état de la phase plastique d'un solide naturellement isotrope.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Les solides vulgairement appelés malléables ou ductiles peuvent, suivant les efforts auxquels ils sont soumis, se présenter sous deux phases différentes : l'une élastique, à propriétés sensiblement réversibles ; l'autre comportant de très grandes déformations sous efforts constants.

Bien que beaucoup trop simplifiée une telle description des faits en donne une première idée qu'il peut être utile de préciser. La première phase a été depuis longtemps étudiée dans la théorie de l'élasticité. Je veux ici préparer une théorie analogue de la seconde phase, que j'appelle *phase plastique*.

Jusqu'à présent, à la suite des expériences de Tresca, les théoriciens ont proposé de traiter la phase plastique comme isotrope, et fluide ; les équations d'état ont été écrites, dans cette hypothèse, par Maurice Levy.

C'est cette hypothèse qui me semble fausse.

Je propose de lui substituer la suivante qui me paraît correspondre mieux aux faits d'observation courante :

Hypothèse. — *La phase plastique est caractérisée par le fait que* un seul *des six éléments de la déformation devient libre de grandir indéfiniment, tandis que les cinq autres continuent à être déterminés par des conditions élastiques.*

Si la déformation qui grandit librement ne produit pas de changement de densité, la phase est plastique ; sinon elle est fragile.

2. Partons d'un corps naturellement isotrope ; quelque grandes que soient les déformations élastiques qu'il subit, les dilatations principales ont même direction que les forces principales. J'admets, lorsque la déformation est devenue grande, qu'elle a donné au corps une structure orthorhombique ayant mêmes axes de symétrie.

Autrement dit, prenant pour axes les directions des trois tensions principales A, B, C, les équations qui donnent, à partir de cet état, les petites

déformations additionnelles D, G, dues à un petit tenseur additionnel N, T, sont

$$N_1 = c_{11}D_1 + c_{12}D_2 + c_{13}D_3, \qquad T_1 = c_4G_1,$$
$$N_2 = c_{12}D_1 + c_{22}D_2 + c_{23}D_3, \qquad T_2 = c_5G_2,$$
$$N_3 = c_{13}D_1 + c_{23}D_2 + c_{33}D_3, \qquad T_3 = c_6G_3,$$

où les c sont des fonctions de A, B, C et de la température Θ, qui satisfont aux conditions de stabilité et permettent de déterminer sans ambiguïté les D, G, en fonction des N, T, tant que le corps est dans sa phase élastique.

3. Dans la phase plastique, j'admettrai que la symétrie orthorhombique est conservée, mais que la résolution en D, G est devenue indéterminée, c'est-à-dire que l'on aurait, si aucune viscosité n'entrait en jeu,

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} N_1 = p_{11}D_1 + p_{12}D_2 + p_{13}D_3, & T_1 = p_4G_1, \\ N_2 = p_{12}D_1 + p_{22}D_2 + p_{23}D_3, & T_2 = p_5G_2, \\ N_3 = p_{13}D_1 + p_{23}D_2 + p_{33}D_3, & T_3 = p_6G_3, \end{cases}$$

avec l'*équation d'indifférence*

$$\text{(II)} \quad \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{12} & p_{22} & p_{23} \\ p_{13} & p_{23} & p_{33} \end{vmatrix} p_4p_5p_6 = 0.$$

4. On voit immédiatement une première manière de satisfaire à cette équation en rendant libre un quelconque des glissements, par exemple G_3 :

$$p_6 = 0.$$

Dans cet état, l'action tangentielle T_3 serait nulle quel que soit G_3, s'il n'intervenait pas (comme dans les fluides naturels) une résistance visqueuse fonction de la vitesse de glissement locale $\frac{\partial G_3}{\partial t}$, ou au moins de son signe.

La sixième équation sera remplacée par

$$T_3 = \eta_6 \dot{G}_3,$$

η_6 désigne un coefficient de viscosité plastique, qui dépend de A, B, C, Θ, $\dot{G}_3$, et peut d'ailleurs avoir une forme analytique impaire en $\dot{G}_3$, exigeant, comme dans le frottement solide, un changement de signe dans la formule en même temps que la vitesse se renverse.

Les équations peuvent être résolues en $D_1 D_2 D_3 G_1 G_2$, qui sont complètement déterminées par $N_1 N_2 N_3 T_1 T_2$, et en $\dot{G}_3$ est déterminé par T_3.

Bien que cette forme de plasticité ne paraisse pas la plus fréquente, elle

fournit un exemple très simple du caractère de l'hypothèse générale qui me guide.

5. Toute déformation dont l'indétermination laisse nulle la vitesse de dilatation

$$D'_1 + D'_2 + D'_3 = 0$$

fournit une forme de plasticité possible.

Une telle déformation se réduit, comme on sait, à une vitesse de glissement, par rapport à des axes convenablement choisis.

Des raisons de symétrie évidentes donnent une importance particulière aux glissements dans le plan AC des forces principales extrêmes. Prenons dans ce plan deux nouveaux axes rectangulaires $x'(\alpha, \gamma)$ et $z'(-\gamma, \alpha)$, et appelons D′, G′ la déformation rapportée à ces axes. Les formules classiques de transformation donnent

$$\begin{aligned}
N_1 &= (\alpha^2 p_{11} + \gamma^2 p_{13})D'_1 + p_{12}D_2 + (\gamma^2 p_{11} + \alpha^2 p_{13})D'_3 + \alpha\gamma(p_{11} - p_{13})G'_2,\\
N_2 &= (\alpha^2 p_{12} + \gamma^2 p_{23})D'_1 + p_{22}D_2 + (\gamma^2 p_{12} + \alpha^2 p_{23})D'_3 + \alpha\gamma(p_{12} - p_{23})G'_2,\\
N_3 &= (\alpha^2 p_{13} + \gamma^2 p_{33})D'_1 + p_{23}D_2 + (\gamma^2 p_{13} + \alpha^2 p_{33})D'_3 + \alpha\gamma(p_{13} - p_{33})G'_2,\\
T_1 &= p_4 G_1,\\
T_2 &= p_5[2\alpha\gamma(D'_1 - D'_3) + (\alpha^2 - \gamma^2)G'_2],\\
T_3 &= p_6 G_3.
\end{aligned}$$

Je veux que G'_2 disparaisse de ces équations sans annuler T_2; c'est-à-dire que le déterminant de l'équation d'indifférence soit nul. Il faut alors caractériser la plasticité par les relations

$$p_{11} = p_{13}, \qquad p_{12} = p_{23}, \qquad p_{13} = p_{33}, \qquad \alpha^2 = \gamma^2,$$

c'est le glissement à 45° des axes A, C qui est indéterminé.

6. Regardons cette vitesse de glissement comme accompagnée de résistance visqueuse, et revenons aux axes A, C, nous obtiendrons

$$\text{(III)} \quad \left\{ \begin{aligned}
N_1 &= p_{11}(D_1 + D_3) + p_{12}D_2 + \eta_1(D'_3 - D'_1), & T_1 &= p_4 G_1,\\
N_2 &= p_{12}(D_1 + D_9) + p_{22}D_2 + \eta_2(D'_3 - D'_1), & T_2 &= p_5 G_2,\\
N_3 &= p_{13}(D_1 + D_3) + p_{23}D_2 + \eta_3(D'_3 - D'_1), & T_3 &= p_6 G_3.
\end{aligned} \right.$$

Telles sont les équations que je propose (au lieu de celles de Maurice Levy) comme caractérisant l'état plastique sous tensions principales A, B, C. Les tensions complètes sont $A + N_1$, $B + N_2$, $C + N_3$, T_1, T_2, T_3.

Mêmes remarques qu'au n° 4 au sujet des caractères des η_1, η_2, η_3.

Si les coefficients η sont des constantes, la résolution en $D_1 + D_3$, D_2,

$D'_3 - D'_1$, G_1, G_2, G_3, s'effectue sans ambiguïté, pourvu que l'on ait

$$\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & \eta_1 \\ p_{12} & p_{22} & \eta_2 \\ p_{13} & p_{23} & \eta_3 \end{vmatrix} \neq 0.$$

La déformation pourra rester purement élastique et petite si les tensions additionnelles sont telles que

$$\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & N_1 \\ p_{12} & p_{22} & N_2 \\ p_{13} & p_{23} & N_3 \end{vmatrix} = 0.$$

On trouvera ailleurs les compléments et explications qu'exige évidemment l'exposé un peu succinct de cette Note.

CHIMIE AGRICOLE. — *Présence générale du nickel et du cobalt dans la terre arable.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mokragnatz.**

Nous avons démontré l'existence du nickel et du cobalt dans une terre fertile des environs de Belgrade et dans la terre du jardin de l'Institut Pasteur à Paris. Nous nous sommes servi, pour cela, d'une méthode particulière qui, pour être quantitative, exigeait le traitement long et minutieux d'un poids de terre assez considérable, de l'ordre du kilogramme ([1]).

Depuis, nous avons perfectionné cette méthode au point qu'il est devenu possible de doser les deux métaux, sous forme de combinaisons définies, dans un poids de terre de 25 à 100^g au plus ([2]). Grâce à ce perfectionnement, des échantillons de terre plus faciles à se procurer peuvent être soumis aux analyses, les opérations que comportent ces dernières sont beaucoup moins longues et, surtout, la dépense des réactifs est très fortement diminuée. Ce dernier avantage est d'autant plus appréciable que les réactifs doivent être d'une extrême pureté, que l'on est, à cause de cela, dans l'obligation de les préparer soi-même et qu'il faut, enfin, en sacrifier pour les contrôles des quantités au moins égales à celles qui entrent dans une des opérations.

Nous avons appliqué la méthode ainsi perfectionnée à l'examen de

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 112, et *Bull. Soc. chim.*, 4^e série, t. 31, 1922, p. 133.

([2]) *Bull. Soc. chim.*, 4^e série, t. 33, 1923, p. 1539.

trente-trois nouveaux échantillons de terre arable provenant de plusieurs pays et de formations géologiques différentes afin de savoir si la présence du nickel et celle du cobalt étaient liées à la provenance de la terre ou, au contraire, générales.

Voici, résumés en un tableau, les résultats que nous avons obtenus :

Localités.	Profondeur.	Formation géologique.	Métal par kil. Ni.	Métal par kil. Co.
		France :		
Gard :				
Hauterivien [sud du village ([1])]	0 à 30 cm	Infracrétacé	15,3 mg	3,1 mg
Hauterivien [sud du village ([1])]	30 à 60	»	24,9	7,9
Hauterivien (derrière le cimetière)	10 à 30	Marnes néocomiennes	18,2	8,4
Hauterivien (derrière le cimetière)	30 à 60	»	15,1	6,0
Hauterivien (ouest du village)	0 à 30	Alluvions anciennes	34,6	6,7
Hauterivien (ouest du village)	30 à 60	»	35,1	6,4
Beauvoisin	0 à 30	Cailloutis pliocène	14,0	2,0
»	30 à 60	»	8,0	2,6
Saint-Chaptes	0 à 20	Oligocène	11,3	4,6
»	20 à 40	»	20,7	4,1
»	40 à 60	»	15,0	5,5
Aubord	0 à 20	Alluvions modernes	37,0	4,7
»	20 à 40	»	25,7	4,1
»	40 à 60	»	22,2	5,2
Genolhac	0 à 20	Granites désagrégés	16,5	2,4
»	20 à 40	»	20,0	2,2
»	40 à 60	»	26,3	3,8
Seine-Inférieure :				
Manéhouville	"	Limon des plateaux	13,3	5,7
Limézy	"	»	21,1	3,1
Saint-Aubin-Épinay	"	Éboulis des pentes et alluvions	38,6	6,8
Arques-la-Bataille	"	Éboulis des pentes du Sénonien	13,2	0,6
Elbeuf-en-Bray	"	Éboulis des pentes du Turonien	24,8	4,7
Corrèze :				
Ladroc, près Donzenac	"	Terrains primitifs, micaschistes	12,2	0,26

([1]) Près de Langlade.

Localités.	Profondeur.	Formation géologique.	Métal par kil. Ni.	Co.
Finistère :				
Ergue-Gaberic	"	Granulite feuilletée	mg 5,5	mg 0,3
Lestremeur	"	Micaschiste granulitique	20,1	6,6
Yonne :				
Perrigny (ferme du Verger).	cm 0 à 20	Marnes ostriennes, argiles et sables panachés	29,9	11,7
»	(sous-sol)	"	4,7	0,3
Calvados :				
Neuville, près Vire	"	Schistes maclifères et phyllades de Saint-Lô	11,9	4,1
Allemagne :				
Rüdesheim	0 à 30	Terres à vignes	18,8	3,3
Danemark :				
Binnitze (Laaland)	0 à 30	Limon	17,3	3,4
Italie :				
Acquapendente (colline) ..	0 à 30	Terrain volcanique (altitude : 420^m)	8,4	6,0
» (vallée) ..	0 à 30	Terrain volcanique (altitude : 300^m)	6,3	2,3
Roumanie :				
? ...	0 à 30	Limon	28,4	8,2

Ces résultats et ceux que nous avons déjà publiés montrent que le nickel et le cobalt existent non seulement dans toutes les terres de France que nous avons examinées, mais encore dans celles des autres pays (Allemagne, Danemark, Italie, Roumanie, Serbie) où nous les avons recherchés.

La proportion de ces métaux est peu élevée, mais elle n'est pas négligeable.

Pour le nickel, elle est généralement de quelques centigrammes par kilogramme de terre sèche. Nous l'avons trouvée comprise entre 5^{mg},5 (chiffre exceptionnel, dans une terre de granulite feuilletée du Finistère) et 38^{mg},6 (dans une terre d'éboulis des pentes et d'alluvions de la Seine-Inférieure).

Pour le cobalt, la proportion est presque toujours de quelques milligrammes par kilogramme. Mais nous l'avons vue osciller entre quelques dixièmes de milligramme seulement et 11^{mg},7.

On voit qu'il y a toujours moins de cobalt que de nickel. Le rapport entre les deux métaux est loin d'être constant, mais il est généralement compris entre le $\frac{1}{3}$ et le $\frac{1}{5}$, bien qu'il puisse aller de la moitié au $\frac{1}{8}$.

Les analyses comparatives que nous avons faites d'une même terre sur des échantillons prélevés à des profondeurs différentes montrent que les proportions de nickel et de cobalt varient d'une manière sensible de la surface au sous-sol, mais nos analyses ne sont pas assez nombreuses pour faire ressortir les causes de ces variations.

On peut se demander d'où proviennent les petites proportions de nickel et de cobalt contenues dans la terre arable, proportions qui apparaissent, du moins au premier abord, notablement inférieures à celles que l'on a signalées jusqu'ici dans les roches mères. Si, dans quelques cas, des infiltrations d'eaux minérales venues des profondeurs ont pu jouer un certain rôle, cela ne peut suffire à expliquer la teneur générale et, en somme, relativement constante, de la terre arable en nickel et en cobalt que nos recherches viennent de mettre en évidence. En 1876, G. Tissandier [1] a fait connaître d'intéressantes observations d'après lesquelles de fines particules en suspension dans l'espace interplanétaire tombent continuellement à la surface de notre globe. Or, parmi ces particules, il en a trouvé qui sont attirables à l'aimant et qui renferment, à côté du fer dont elles paraissent surtout formées, une certaine proportion de nickel. Soit en raison de l'insuffisance de la méthode d'analyse employée, soit par suite de l'absence réelle du cobalt, la présence de ce dernier métal n'a pas été signalée. La question pourra être reprise, mais en tout cas, il y a dans cet apport de particules une cause générale d'enrichissement de la terre arable en nickel qui ne peut pas être négligée.

ÉLECTRICITÉ — *Sur certains coefficients de self-induction des alternateurs.* Note de M. **André Blondel**.

Divers ingénieurs ont recherché, dans ces derniers temps, des méthodes applicables à la détermination de deux constantes de self-induction importante des alternateurs; d'une part, la self-induction totale apparente de l'induit, qui doit s'évaluer en tenant compte des forces électromotrices induites dans les enroulements par tous les flux de fuite qui se produisent

---

(1) *Comptes rendus*, t. 83, 1876, p. 75.

autour de ces enroulements; et d'autre part, la réactance apparente des mêmes enroulements au moment où se produit un court circuit, car, ainsi que l'a démontré expérimentalement pour la première fois Punga, l'appel de courant qui se produit alors dans les circuits inducteurs, annule sensiblement tout le flux propre de l'induit qui traverse lesdits inducteurs et ne laisse subsister que les flux de fuite.

Dans ce qui suit, je me propose d'indiquer les méthodes applicables à la détermination de ces deux inconnues :

1° *Self-induction totale propre des fuites de l'induit.* — J'ai publié, avec la collaboration de M. Carbenay, en 1919 (¹), deux méthodes s'appliquant toutes les deux à un alternateur en ordre de marche avec son inducteur tournant. La première, qui repose sur l'emploi de bobines d'épreuve, est applicable dans les conditions mêmes de saturation normale de l'inducteur et de l'induit, c'est-à-dire avec l'inducteur excité sous courant normal. Elle consiste à faire débiter l'induit dans un circuit complètement réactif donnant du courant aussi dévatté que possible; on mesure le flux utile qui traverse l'induit en mesurant la force électromotrice produite soit dans l'induit, soit, quand cela est possible, dans une bobine d'épreuve appliquée exactement sur une des bobines de l'induit et dans les mêmes encoches (cela est possible seulement quand il n'y a pas de clavette dans les encoches; dans le cas contraire, il faut prendre la force électromotrice aux bornes de l'induit et la diviser par le nombre de spires pour la réduire à une bobine d'une spire).

On mesure d'autre part, au moyen d'une bobine d'épreuve placée dans l'entrefer en dehors de l'induit, le flux qui entre dans le pôle; on fait débiter à l'alternateur un courant déwatté variable, en modifiant chaque fois l'angle de manière que le flux de la seconde bobine reste constant; la quantité dont a varié la force électromotrice aux bornes de l'induit, divisée par la variation des ampères induits, donne l'impédance de fuite totale de l'induit.

Une autre méthode consiste dans l'essai en court circuit, mais elle n'est pas satisfaisante parce que les conditions de saturation ne sont pas les mêmes qu'en marche normale.

2° *Réactance apparente de l'induit dans les phénomènes de court circuit.* — Le second problème, qui est nouveau, celui de la réactance apparente de l'induit en cas de court circuit brusque, peut être résolu par une méthode tout à fait différente reposant sur la méthode dite « statique » dont j'ai

(¹) *Revue générale de l'Électricité*, t. 5, 1919, p. 850 et fig. 6 et 7.

exposé le principe et la réalisation dans le même travail : utilisant une remarque faite pour la première fois par M. Guilbert, puis par Herdt, on peut grouper les bobines de l'induit en Y et envoyer un courant monowatté qui entre par une des branches de l'Y et le faire sortir par les deux autres branches mises en parallèle; si l'on cale l'inducteur de façon que son axe soit en face de l'axe du pôle induit ainsi formé, les conditions de réaction entre l'inducteur et l'induit sont les mêmes que pendant la rotation de l'alternateur.

Pour obtenir la saturation voulue, on peut exciter l'inducteur.

L'inducteur doit être alimenté par une source sans impédance, telle qu'une batterie d'accumulateurs. Si l'on envoie du courant alternatif (de préférence de basse fréquence) dans l'induit, un courant alternatif de court circuit se produit dans l'inducteur et se superpose au courant continu d'excitation. Il n'est pas nécessaire de mesurer ce courant alternatif.

L'impédance apparente de l'induit, obtenue en divisant la force électromotrice aux bornes par le courant, peut donner une mesure assez approchée de la réactance applicable à l'alternateur dans l'étude des courts circuits; car elle tient compte non seulement des fuites propres de l'induit, mais aussi de celles de l'inducteur, de la même manière que les fuites du transformateur dont on met le secondaire en court circuit.

Il est à remarquer, d'ailleurs, que la méthode de Potier, pour la détermination de la self-induction, quand on l'applique exactement comme l'avait prévu son auteur [1], pour la mesure de la self-induction, c'est-à-dire en traçant complètement différentes courbes parallèles d'excitation obtenues pour des débits déwattés constants, donne la valeur d'une self-induction d'induit qui contient non seulement les fuites de l'induit, mais les fuites entre les bornes polaires de l'inducteur [2]; cette valeur se rapproche donc de la réactance totale rapportée au primaire. Cependant, elle ne l'atteint pas, car elle ne tient pas compte des fuites propres du circuit inducteur qui, dans

---

(1) La méthode simplifiée, adoptée partout d'après Fischer-Heimen, est beaucoup moins sûre.

(2) Cf. F. GUILBERT, *L'Éclairage électrique*, juin 1902. — POTIER, *Mémoires sur l'Électricité et l'Optique* (Gauthier-Villars et C^ie^, éditeurs, 1912); Note additionnelle de A. Blondel, p. 232. — A. BLONDEL, *Théorie des alternateurs de Potier* (*La Lumière électrique*, t. **28**, 1915, p. 2). — A. BLONDEL, *Analyse des réactions de l'induit dans les alternateurs* (*Comptes rendus*, t. **158**, 1914, p. 1961; et avec plus de détails *La Lumière électrique*, t. **29**, 22 et 29 mai 1915). — A. BLONDEL et CARBENAY, *Méthode d'analyse expérimentale des alternateurs* (*Revue générale de l'Électricité*, t. 5, 1919, p. 811 et 843).

les phénomènes instantanés, doivent s'ajouter aux fuites propres de l'induit.

C'est pourquoi je crois préférable la méthode d'essai statique que je viens d'exposer ci-dessus.

Je suppose les inducteurs alimentés par une source non réactive; et, dans ce cas, les fuites qui s'ajoutent à celles de l'induit sont celles de l'enroulement inducteur seul. Si au contraire on a affaire à un inducteur muni d'une excitatrice spéciale de faible puissance et ayant par suite une assez grande réactance propre, le flux de réactance de cette excitatrice s'ajoute aux fuites de l'enroulement inducteur; la réactance totale équivalente rapportée à l'induit en présence de l'inducteur est alors plus grande. Mais comme l'on cherche à avoir un facteur de sécurité dans les évaluations, il est tout indiqué de supprimer ces réactances extérieures en excitant pour l'essai l'inducteur par une batterie d'accumulateurs de grande capacité.

En résumé, il faut distinguer pour l'induit d'un alternateur 3 coefficients de self-induction importants :

a. Self-induction réelle totale en circuit induit, que je définis au paragraphe 1° ci-dessus et qu'on peut mesurer en recourant à l'emploi d'une bobine auxiliaire placée dans l'entrefer, pour mesurer le flux de l'induit qui traverse les noyaux inducteurs.

b. Coefficient de self-induction de Potier, qui mesure les fuites de l'induit augmentées des fuites entre les cornes polaires des inducteurs en se plaçant dans des conditions telles que le flux à travers le circuit inducteur reste constant.

c. Réactance apparente de l'alternateur dans les courts circuits brusques, coefficient dans lequel interviennent les fuites propres du circuit inducteur, non seulement entre les pièces polaires, mais partout où il peut s'en présenter.

Les méthodes exposées ci-dessus permettent de mesurer, croyons-nous, assez facilement le premier et le dernier des trois coefficients considérés, et la méthode de Potier, convenablement appliquée, peut suffire pour déterminer le coefficient intermédiaire [1].

---

(1) Il semblerait *a priori* que ce coefficient de Potier n'a pas d'intérêt pratique, car il ne correspond pas à des problèmes normaux. L'expérience a montré qu'appliqué au diagramme de Potier pour la détermination de la chute de tension, il donne des résultats empiriques assez satisfaisants par suite d'une compensation heureuse et imprévue des erreurs qui résultent de cette application à un problème dans lequel devrait intervenir le coefficient *a* défini ci-dessus et non le coefficient *b*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la forme énolique de la pulégone.* Note (¹) de MM. **V. Grignard** et **J. Savard**.

Différents chercheurs (²) ont étudié déjà, d'une façon sommaire, l'action des composés organomagnésiens sur la pulégone et ne sont arrivés qu'à des rendements médiocres en pulégones substituées. Nous nous sommes proposé d'examiner d'un peu plus près ces réactions.

Quand on fait réagir, suivant la technique habituelle, la pulégone sur un organomagnésien, on constate qu'il se produit un dégagement gazeux (RH), plus ou moins abondant, suivant la nature du radical organique [R] et de l'halogène, suivant aussi la température.

Ce phénomène, évidemment, semble devoir être attribué à la présence d'une forme énolique de la pulégone, et comme la proportion de celle-ci, déterminée par le volume gazeux dégagé, varie avec le magnésien, c'est que celui-ci exerce une action énolisante variable.

En opérant dans des conditions de température et de concentration identiques, nous avons pu dresser le tableau suivant, pour des opérations effectuées à 40° :

Magnésien de	Pour 100 d'énol.	Magnésien de	Pour 100 d'énol.
CH^3Br	33	$i.C^3H^7I$	73
CH^3I	26	$n.C^4H^9Br$	59
C^2H^5Br	46	$n.C^4H^9I$	45
C^2H^5I	40	$i.C^4H^9Br$	54
$n.C^3H^7Br$	56	$n.C^5H^{11}Br$	60
$n.C^3H^7$	45	$i.C^5H^{11}Br$	72
$i.C^3H^7Br$	100		

On voit que, dans les chaînes homologues, l'énolisation augmente avec la condensation en carbone, et qu'elle est toujours plus forte pour les bromures que pour les iodures. Nous n'avons pas encore expérimenté les chlorures.

De plus les magnésiens isopropyliques provoquent une énolisation beau-

---

(¹) Séance du 8 décembre 1924.

(²) V. Grignard, *Thèse*, Lyon, 1901. — Rupe, *Berichte*, t. 41, 1908, p. 1750; t. 45, 1912, p. 1528. — Jaworsky, *Berichte*, t. 42, 1909, p. 435. — Fersen, *Journ. Soc. ph.-chim. r.*, t. 42, 1910, p. 681. — Saytzeff, *Journ. Soc. ph.-chim. r.*, t. 45, 1913, p. 1571.

coup plus forte que les autres et qui est même totale ponr $i C^3H^7 MgBr$ ([1]). Il nous reste à rechercher, sur ce point, si cette intéressante propriété est spéciale au radical isopropyl ou si elle appartient, d'une manière générale, aux magnésiens secondaires. Les magnésiens tertiaires seront à examiner également.

En dépit de cette énolisation importante, la pulégone que l'on récupère, à côté du pulégol substitué, après traitement habituel (hydrolyse et acidification) de l'opération magnésienne, est identique à la pulégone primitive. Il se produit donc une nouvelle tautomérisation en sens inverse. Aussi avons-nous cherché à isoler la forme énolique sous forme d'éther-sel. Nous avons utilisé, dans ce but, le chlorure de benzoyle, le chlorure d'acétyle et l'anhydride propionique.

1° En ajoutant du chlorure de benzoyle au produit de la réaction de la pulégone ordinaire sur CH^3MgBr, nous avons pu, par hydrolyse, isoler à côté du méthylpulégène ([2]) le benzoate de l'énol, avec un rendement de 27 pour 100 (l'énolisation trouvée pour ce magnésien est de 33 pour 100). Il se présente en cristaux blancs, fusibles à 230°, insolubles dans l'éther froid, légèrement solubles à chaud, ainsi que dans le benzène bouillant. L'analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{17}H^{20}O^2$.
C pour 100	79,4	79,7
H pour 100	7,9	7,8
Indice de saponification	223	218,75

Mais quand on le saponifie, on retombe sur la pulégone ordinaire.

2° Quand on effectue l'opération précédente avec le chlorure d'acétyle, on peut isoler, en dehors du méthylpulégène (P. E. = 64° sous 10^{mm}), un liquide bouillant à 79°-81°, sous 3^{mm} ([3]) et dont l'indice de saponification est nul. C'est en effet, à l'état libre, la forme énolique de la pulégone dont l'éther acétique s'est hydrolysé spontanément (rendement 24 pour 100, pour une énolisation de 33 pour 100). Elle a une odeur moins menthée, beaucoup plus fine que celle de la pulégone ordinaire. Elle présente les

---

([1]) A la température de 40°. A 0°, nous avons pu obtenir l'isopropylpulégol avec un rendement de 40 pour 100.

([2]) Provenant de la déshydratation intégrale de l'alcool engendré.

([3]) La pulégone ordinaire bout à 74°-76° sous 3^{mm}.

constantes suivantes :

$$n_D^{16} = 1,47690, \quad D_{16}^4 = 0,9087, \quad Rm = 47,25\ (^1).$$

La Rm théorique pour cette forme serait 46,76; l'exaltation de 0,49 s'explique fort bien par la présence de deux doubles liaisons conjuguées.

Nous avons confirmé sa véritable nature en vérifiant qu'avec CH^3MgI (pouvoir énolisant 26 pour 100), elle donnait 100 pour 100 de forme énolique, et en la tautomérisant ultérieurement.

3° Avec l'anhydride propionique, tout se passe comme précédemment; l'énol obtenu a pour constantes :

$$n_D^{16} = 1,47688 \quad \text{et} \quad D_{16}^4 = 0,9085.$$

La forme énolique de la pulégone est donc capable d'exister à l'état libre et elle paraît être assez stable lorsqu'elle est pure. Un échantillon conservé depuis deux mois à l'obscurité n'a pas changé d'indice.

Si le traitement habituel des opérations magnésiennes ou la saponification de son benzoate n'ont pas permis de l'isoler, c'est qu'elle est isomérisée complètement par des actions alcalines même faibles.

1° L'isomérisation est immédiate par entraînement à la vapeur d'eau sur la soude ou sur la potasse, mais pas sur les carbonates alcalins.

2° En agitant 4g d'énol avec 0g,3 de magnésie calcinée et en suivant toutes les dix minutes, après rectification, la variation de l'indice de réfraction, on voit celui-ci régresser régulièrement et se stabiliser, au bout d'une heure et demie environ, vers $n_D^{16} = 1,47039$, au lieu de 1,47026 donné par la pulégone primitive. Il est vraisemblable qu'en milieu éthéro-aqueux, la magnésie précipitée a une activité beaucoup plus grande.

En effet, si après avoir énolisé la pulégone par le bromure d'isopropylmagnésium, on essaye d'isoler l'énol (qui doit être pur d'après ce que nous avons vu) en hydrolysant dans une solution concentrée de chlorure d'ammonium, additionnée d'un peu d'acide acétique, on ne voit à aucun moment apparaître la magnésie, mais cependant le produit obtenu paraît contenir un peu de forme cétonique.

Nous nous proposons de poursuivre nos recherches sur la pulégone, et en outre d'étudier, sur d'autres cétones, dans quelle mesure peut être

(1) Pour la pulégone ordinaire, on a

$$n_D^{16} = 1,47026; \quad D_{16}^4 = 0,9254; \quad Rm = 45,82.$$

généralisée la méthode d'énolisation et d'isolement de la forme énolique que nous venons de signaler ([1]).

BOTANIQUE. — *Sur quelques exemples d'hétéroblastie dans le développement des Algues phéosporées.* Note de M. C. SAUVAGEAU.

Les zoospores du *Castagnea Zosteræ* fournissent des plantules de nature diverse ([2]). J'ai rattaché ce phénomène, qui pourrait être nommé *hétéroblastie*, à la *tachygénèse* de Perrier et Gravier. D'autres *Castagnea* présentent la même hétéroblastie.

Avec Thuret et Bornet, je comprends ici ce genre *Castagnea* (tout au moins en attendant son étude anatomique) comme caractérisé par la nature et la disposition des organes pluriloculaires que Derbès et Solier découvrirent sur deux plantes récoltées aux environs de Marseille, l'une à fronde pleine, *C. polycarpa*, et l'autre à fronde creuse, *C. fistulosa* ([3]). Toutefois, les auteurs marseillais décrivirent ces espèces dans des termes si manifestement insuffisants, et ultérieurement d'autres en compliquèrent tellement la synonymie, que leur identification restera douteuse. D'ailleurs, le nombre des espèces méditerranéennes est plus grand qu'on le croit et il me semble bien, d'après divers envois du Musée océanographique de Monaco, du Laboratoire de Tamaris, et du Laboratoire Arago à Banyuls, que divers *Castagnea* se succèdent, suivant la saison, sur les feuilles de *Zostera* et de *Posidonia*. L'habitat sur ces feuilles ne préjuge donc pas leur détermation spécifique.

Les deux minuscules espèces que j'ai cultivées, *C. irregularis* et *C. cylindrica*, me paraissent inédites, car toutes les espèces décrites de *Castagnea* (ou de genres pouvant s'y rapporter) sont de bien plus grande taille ; elles ne sont pas rares sur les *Posidonia* de Tamaris et de Banyuls. Les cultures

---

([1]) Ce travail était déjà assez avancé (*P.-V. Bull. Soc. chim.*, t. 35, 18 juillet 1924, Lyon), quand nous avons eu connaissance, par extrait du *Bulletin de la Société chimique* (t. 35, juin 1924, p. 823), du travail de Bredt-Savelsberg sur le camphre. Cette étude paraît être parallèle à la nôtre, mais l'auteur n'a pas isolé de forme énolique.

([2]) C. SAUVAGEAU, *Sur le curieux développement d'une Algue phéosporée*, Castagnea Zosteræ *Thur.* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1381).

([3]) DERBÈS et SOLIER, *in* L. CASTAGNE, supplément au *Catalogue des plantes qui croissent aux environs de Marseille*, Aix, 1851, p. 101.

ont été réalisées à l'aide de parcelles prélevées sur un seul individu de Banyuls, le 31 août 1924 pour la première, et le 14 septembre suivant pour la seconde. Des cultures faites en 1923 avec des individus de Tamaris m'avaient donné les mêmes résultats, mais je les ai conservées moins longtemps ([1]).

La germination et le développement des plantules des deux espèces se ressemblent trop pour en séparer ici la description et sont bien comparables au *C. Zosteræ*. Les zoospores, plus longues que larges. animées d'un mouvement assez lent, munies de 4 ou 5 chromatophores, fournissent des embryospores de 9^{μ} à 10^{μ} qui germent en filament ectocarpoïde, et surtout en plantule étoilée après de lentes déformations amiboïdes. Dès le deuxième ou troisième jour, certains disques émettent un futur filament ectocarpoïde, mais le phénomène présente parfois une remarquable simplification : d'un point quelconque s'élève une protubérance qui s'incurve et, après avoir formé un filament long seulement de une ou deux cellules, se termine déjà par un petit disque adventif ; d'autres protubérances s'étalent même directement en disque adventif, qui ne tardera sans doute pas à cacher le disque primitif.

Après trois semaines, les filaments sont moins adhérents encore que ceux du *C. Zosteræ*. Les disques se sont beaucoup élargis et restent néanmoins aussi réguliers que chez un *Coleochœte* ou un *Myrionema*; ils sont encore stériles; toutefois, là où de larges disques, après s'être rejoint, croissent avec un pourtour commun, de futurs sporanges pluriloculaires s'élèvent sur les lignes de jonction qu'ils assombrissent. Vers la quatrième

---

([1]) *C. irregularis* inscr., Plante d'un brun foncé, dressée à la surface des *Posidonia* sur un disque relativement large, souvent inséré sur l'*Ascocyclus orbicularis*, d'où s'élèvent aussi de nombreux filaments simples et courts, haute de 5^{mm} au plus, de forme et de largeur variables, à base rétrécie, isolée ou en groupe de 2 à 5 individus inégaux, d'abord plus ou moins globuleuse, puis en forme de massue, ou renflée dans la région moyenne, à sommet atténué ou brusquement tronqué; section circulaire ou aplatie, plus ou moins creuse suivant le niveau considéré; rameaux rares et comme décurrents; filaments assimilateurs longs de 400^{μ} à 600^{μ}, courbés à l'extrémité, où chaque cellule devient un sporange plus ou moins saillant; sporanges dirigés en tous sens ou parfois tous sur le bord convexe.

C. cylindrica inscr., moins coloré, plus grêle et plus régulier que le précédent, généralement isolé, atteignant 15^{mm}, souvent simple, à filaments assimilateurs longs de 200^{μ} à 250^{μ}.

Ces diagnoses seront ultérieurement complétées par des renseignements anatomiques, en même temps que celle du *C. Zosteræ*.

semaine, la déhiscence des sporanges des disques et des filaments ectocarpoïdes avait produit des disques et des filaments de seconde génération. Je n'ai pas vu les zoospores; toutefois, d'après la teinte foncée des logettes, elles ont probablement plusieurs chromatophores comme celles de la plante adulte.

Les cultures furent ensuite examinées le 15 novembre. La plupart des disques de première génération avaient perdu leur adhérence, et la disposition de la fructification rappelait un *Chilionema*. Sur l'une des lames examinées, presque tous les disques présentaient des sporanges nés sur leur bord même, ce qui excluait vraisemblablement la possibilité d'un accroissement ultérieur.

J'ai constaté la même hétéroblastie chez l'*Ascocyclus orbicularis* Magn. qui pullulait sur les feuilles de *Zostera marina*, cueillies à tous les niveaux, à Cherbourg, par M. Corbière et M^lle^ Doublet, sous forme de petites taches saillantes, larges de quelques dixièmes de millimètre. On l'y rencontre toute l'année, mais il est beaucoup moins commun pendant la saison froide. Les sporanges pluriloculaires sont les seuls organes reproducteurs connus. Les zoospores, petites et très agiles, possédant un seul chromatophore, pourvu d'un point rouge très net, se fixent en embryospores d'environ 6^{μ}. Les unes, après des déformations amiboïdes, fournissent un disque, les autres germent directement en filament. Toutefois, tandis que chez les trois *Castagnea* étudiés les deux sortes de germinations sont éparses, les germinations ectocarpoïdes de l'*Ascocyclus* s'observent surtout parmi les embryospores fixées au bord de la goutte d'eau.

Mais un autre phénomène intervient.

Le 31 août 1923, j'ai observé les zoospores en mouvement dans plusieurs cultures cellulaires sans constater aucune conjugaison; puis j'ai examiné maintes embryospores pour suivre les curieuses déformations du chromatophore avant sa division; le point rouge persiste assez longtemps, même après la scission; or je n'ai vu aucune embryospore ayant deux points rouges. J'ai établi de nouvelles cultures en 1924 avec des *Zostera* de même provenance. Les déhiscences eurent lieu, en mon absence, le 7 septembre; lorsque j'examinai mes cultures dans l'après-midi, aucune zoospore n'était plus en mouvement, de nombreuses embryospores se déformaient déjà en étoile et certaines montraient indubitablement deux points rouges. Il y avait donc eu copulation, et les éléments motiles de l'*Ascocyclus* se comportent, en conséquence, tantôt comme des zoospores, tantôt comme des gamètes isogames, fait qui n'a point encore été signalé chez des Phéosporées de son

groupe. Aussi longtemps que le ou les points rouges peuvent servir de guide, je n'ai constaté aucune différence entre le développement des œufs et celui des zoospores. Quoi qu'il en soit, l'hétéroblastie est indépendante de la sexualité.

A la fin de septembre, mes cultures étaient très belles ; les filaments ectocarpoïdes commençaient à fructifier; les disques, de taille fort inégale, étaient réguliers et certains présentaient des protubérances disposées en *Chilionema*. Puis, je les examinai le 15 novembre ; dans l'intervalle, diverses Diatomées les avaient envahies et en particulier un *Cocconeis*, très adhérent et multiplié à profusion, gênait singulièrement l'observation. Toutefois, tandis que, dans le tiers médian de certains disques d'aspect ocellé, chaque cellule a émis un sporange ou un ascocyste, comme dans l'*Ascocyclus*, avec des poils répartis dans la couronne périphérique stérile ; d'autres, et c'étaient souvent les plus grands, présentaient irrégulièrement épars, sur les deux tiers du diamètre environ, des poils et de longs sporanges souvent pédicellés, bien plus longs que dans la nature, avec peu ou point d'ascocystes. Il est impossible, pour le moment, de savoir si cette diversité était ou non en rapport avec la fécondation, d'autant plus que quelques disques, peu nombreux, offraient simultanément ces deux dispositions.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **M. Brillouin**, membre de la Section de Physique générale, et M. **Ch. Moureu**, membre de la Section de Chimie, sont réélus membres du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° G. Delamare. *Spirochétoses respiratoires stomatogènes*. (Présenté par M. H. Vincent.)

2° Maurice de Fleury. *L'angoisse humaine*. (Présenté par M. E. Roux.)

MM. **Georges Perrier** et **Édouard Perrin** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *L. Bertin.*

M. **F. Lancelin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place d'astronome titulaire vacante à l'Observatoire de Paris.

MM. **Paul Botreau-Roussel**, **Jacques Bourcart**, **Albert Caquot**, **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, **Marcel Crozet-Fourneyron**, **André Debierne**, **Paul Fleury**, **Pierre Fleury**, **René Garnier**, **Georges Giraud**, **Henri Glover**, **Jean-Jacques Kieffer**, **Émile Lambert**, **Paul Langevin**, **Ernest Lobstein**, **Franz Lœwinson-Lessing**, **Jean Mercier**, **François Pellegrin**, **Frédéric Roman**, **Georges Routin** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Léon Jacqué** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Henry Le Chatelier.*

MM. **Pierre Teilhard de Chardin** et le Recteur de l'**Université Saint-Joseph de Beyrouth** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Loutreuil.*

M[me] V[ve] **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration par approximations successives des systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre de forme résolue.* Note (¹) de M. **R.-H. Germay.**

Soit le système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre

$$(1)\qquad \frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\left(x_1, x_2, \ldots, x_n; z_1, \ldots, z_n; \frac{\partial z_1}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_k}{\partial x_n}\right) \qquad (j = 1, 2, \ldots, k).$$

(¹) Séance du 8 décembre 1924.

Soit à chercher le système de ses intégrales holomorphes $Z_{\bar{j}\infty}(x_1, \ldots, x_n)$ se réduisant pour $x_1 = x_1'^0$ aux fonctions $\chi_j(x_2, \ldots, x_n)$ holomorphes en $x_2'^0, \ldots, x_n'^0$ et dans le domaine de ce point. Les fonctions f sont supposées holomorphes en

$$(2) \quad x_1'^0, x_2'^0, \ldots, x_n'^0, \qquad z_j'^0 = \chi_j(x_2'^0, \ldots, x_n'^0), \qquad \left(\frac{\partial z_j}{\partial x_s}\right)_0' = \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}(x_2'^0, \ldots, x_n'^0)$$

et dans le domaine de ce point.

Les $Z_{j\infty}$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ de fonctions $Z_{\bar{j}\mu}$; les $Z_{\bar{j}\mu}$ se définissent de proche en proche; $Z_{\bar{j},\mu+1}$ est l'intégrale de Cauchy, se réduisant pour $x_1 = x_1'^0$ à χ_j de l'équation

$$(3) \quad \frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\Big(x_1, x_2, \ldots, x_n; Z_{\bar{1}_\mu}, \ldots, Z_{\overline{j-1}_\mu}, z_j, Z_{\overline{j+1}_\mu}, \ldots, Z_{\bar{k}_\mu};$$
$$\frac{\partial Z_{\bar{1}_\mu}}{\partial x_2}, \ldots; \frac{\partial Z_{\overline{j-1}_\mu}}{\partial x_n}; \frac{\partial z_j}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_j}{\partial x_n}; \frac{\partial Z_{\overline{j+1}_\mu}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial Z_{\overline{j+1}_\mu}}{\partial x_n}, \ldots, \frac{\partial Z_{\bar{k}_\mu}}{\partial x_n}\Big) \quad (^1).$$

Les $Z_{\bar{j}_\mu}$ et leurs dérivées partielles premières par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ peuvent être définies comme fonctions implicites par les équations [2]

$$(4) \quad \begin{cases} W_1\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ \quad = z\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, p_n) \\ \qquad - \chi_j\big[x_2\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1'^0, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1'^0, \ldots, p_n)\big] = 0, \\ W_s\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ \quad = p_s\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, p_n) \\ \qquad - \dfrac{\partial \chi_j}{\partial x_s}\big[x_2\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1'^0, x_1, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1'^0, \ldots, p_n)\big] = 0 \\ \qquad\qquad (s = 2, \ldots, n), \end{cases}$$

où

$$x_s\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1, x_1'^0, x_2^0, \ldots p_n^0), \quad z\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1, x_1'^0, \ldots, p_n^0), \quad p_s\bar{J}_\mu^{\infty}(x_1, x_1'^0, \ldots, p_n^0)$$

sont les intégrales de Cauchy du système différentiel caractéristique relatif à l'équation qui fournit Z_μ. Désignons leurs approximations par $x_s\bar{J}_\mu^{\lambda}$, $z\bar{J}_\mu^{\lambda}$, $p_s\bar{J}_\mu^{\lambda}$

(1) *Intégration par approximations successives des équations aux dérivées partielles* (*Mémoires de la Soc. Roy. des Sc. de Liége*, t. **12**, 1924, p. 20).

(2) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 2227.

et posons

$$
(5)\quad \left\{
\begin{aligned}
&W_1 \bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\
&\quad = z\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x'^0_1, x_1, \ldots, p_n) \\
&\qquad - \chi_j\left[x_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x'^0_1, x_1, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x''^0_1, x_1, \ldots, p_n)\right], \\
&W_s \bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\
&\quad = p_s\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x'^0_0, x_1, \ldots, p_n) \\
&\qquad - \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}\left[x_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x'^0_1, x_1, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x'^0_1, x_1, \ldots, p_n)\right] \\
&\qquad\qquad\qquad (s = 2, \ldots, n);
\end{aligned}\right.
$$

$Z_{\bar{j}_\mu}$ et $\frac{\partial Z_{\bar{j}_\mu}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial Z_{\bar{j}_\mu}}{\partial x_n}$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ des suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$
(6)\quad \left\{
\begin{aligned}
&\xi\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu} = \xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu} - W_1\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu}\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \pi_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \ldots, \pi_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}\right) \\
&\pi_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu} = \pi_s\bar{j}^{\lambda}_{\mu} - W_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu}\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \pi_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \ldots, \pi_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}\right) \\
&\qquad\qquad (s = 2, \ldots, n),
\end{aligned}\right.
$$

moyennant les valeurs initiales

$$\xi\bar{j}^{0}_{\mu} = \chi_j, \qquad \pi_s\bar{j}^{0}_{\mu} = \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}.$$

Les approximations des dérivées d'ordre supérieur de $Z_{\bar{j}_\mu}$ s'obtiennent par dérivation des formules (6).

On peut trouver les formules récurrentes qui permettent de passer des approximations des $Z_{\bar{j}_\mu}$ à celles des $Z_{\bar{j}_{\mu+1}}$. Les approximations des intégrales du système différentiel caractéristique relatif à l'équation qui fournit $Z_{\bar{j}_{\mu+1}}$ s'obtiennent par les formules récurrentes

$$
(7)\quad x_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu+1} = x_s\bar{j}^{0}_{\mu+1} - \int_{x'^0_1}^{x_1}\left\{\left[\left[\frac{\partial f_j}{\partial p\bar{j}_s}\right]_{p\bar{\rho}_\sigma = \pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}^{z_\rho = \xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}\right]_{\substack{x_r = x_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1} \\ z_j = z\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1} \\ p\bar{j}_r = p_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}}}\right\} dx_1,
$$

et

$$
(7)\left\{
\begin{aligned}
z\bar{j}^{\bar\lambda+1}_{\mu+1} &= z\bar{j}^{\bar 0}_{\mu+1}+\int_{x_1^0}^{x_1}\left\{\left[\,[f_i]^{z_\rho=\xi\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}_{p\bar\rho_\sigma=\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}-\sum_{k=2}^{k=n}p\bar{j}_k\left[\frac{\partial f_j}{\partial p\bar{j}_k}\right]^{z_\rho=\xi\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}_{p\bar\rho_\sigma=\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}\right]^{x_r=x_r\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}}_{\substack{z_j=z\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}\\ p\bar{j}_r=p_r\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}}}\right\}dx_1,\\
p_s\bar{j}^{\bar\lambda+1}_{\mu+1} &= p_s\bar{j}^{\bar 0}_{\mu+1}+\int_{x_1^0}^{x_1}\left\{\left[\left[\frac{\partial fj}{\partial x_s}\right]^{z_\rho=\xi\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}_{p\bar\rho_\sigma=\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}+\sum_{\substack{\rho=1,\,\dots,\,j-1;\\ j+1,\,\dots,\,k}}\pi_s\rho^{\bar\lambda}_{\mu}\left[\frac{\partial f_j}{\partial z_\rho}\right]^{z_\rho=\xi\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}_{p\bar\rho_\sigma=\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}\right.\right.\\
&\qquad\left.\left.+\sum_{\substack{\rho=1,\,\dots,\,j-1;\\ j+1,\,\dots,\,k}}\sum^{\sigma=2,\,\dots,\,n}\frac{\partial\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}{\partial x_s}\left[\frac{\partial f_j}{\partial p\bar\rho_\sigma}\right]^{z_\rho=\xi\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}_{p\bar\rho_\sigma=\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}+p_s\bar{j}\left[\frac{\partial f_j}{\partial z_j}\right]^{z_\rho=\xi\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}_{p\bar\rho_\sigma=\pi_\sigma\rho^{\bar\lambda}_{\mu}}\right]^{x_r=x_r\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}}_{\substack{z_j=z\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}\\ p\bar{j}_r=p_r\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}}}\right\}dx_1\\
&\left(p\bar{j}_s=\frac{\partial z_j}{\partial x_s};\ s,\ \sigma=2,\ \dots,\ n;\ \rho=1,\ 2,\ \dots,\ j-1,\ j+1,\ \dots,\ k\right).
\end{aligned}
\right.
$$

On définit alors les $W_1 j^{\bar\lambda}_{\mu+1}$, $W_s\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}$ et les $\xi\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}$, $\pi_s\bar{j}^{\bar\lambda}_{\mu+1}$ par des formules analogues aux formules (5) et (6).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières.* Note [1] de M. **Fritz Carlson**, présentée par M. Hadamard.

Soit

$$f(x)=c_0+c_1x+c_2x^2+\dots \tag{1}$$

le développement d'une fonction entière *d'ordre non nul.* Si ρ désigne l'ordre de la fonction, on suppose donc $\rho>0$, le cas $\rho=\infty$ n'étant pas exclu. Je veux signaler quelques résultats concernant la distribution des zéros des polynomes

$$\varphi_n(x)=c_0+c_1x+\dots+c_nx^n\qquad(n=1,\ 2,\ 3,\ \dots). \tag{2}$$

D'après les recherches de M. Maillet [2], il y a un cercle C_n dont le rayon tend vers l'infini avec n et tel que les zéros de $\varphi_n(x)$ à l'intérieur de C_n convergent vers ceux de $f(x)$. Cependant ce cercle C_n ne contient qu'une partie infiniment petite des zéros de $\varphi_n(x)$, et l'on ne connaît pas

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) *Journal de Math.*, 5e série, t. 8, 1902, p. 343.

à quel point la fonction donnée $f(x)$ déterminera la distribution des zéros de la suite (2).

Les résultats les plus précis qu'on puisse obtenir concernent les fonctions d'ordre infini. *Pour toute fonction donnée d'ordre infini, on peut trouver une suite* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *et des cercles adjoints* $|x| = R_{n_i}$ *jouissant des propriétés suivantes. Soient* ε, δ, ξ_0 *des nombres positifs d'ailleurs arbitrairement petits. Il existe un* $i_0 = i_0(f, \varepsilon, \delta, \xi_0)$ *tel que pour* $i > i_0$ *le nombre des zéros de* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *dans tout domaine*

$$R_{n_i}(1-\delta) \leqq |x| \leqq R_{n_i}(1+\delta)$$

$$|\arg x - \varphi| \leqq \frac{\xi}{2}, \qquad \xi \geqq \xi_0, \qquad 0 \leqq \varphi \leqq 2\pi$$

est égal à

$$\frac{\xi}{2\pi} n_i(1+\eta)$$

où $|\eta| < \varepsilon$. On pourra dire que le cercle $|x| = R_{n_i}$ joue le même rôle que le cercle de convergence d'une fonction non entière.

Pour les fonctions d'ordre fini, on aura le théorème suivant. Dans ce théorème figureront deux fonctions $\varphi(u) = \varphi(u, \rho)$ et $\theta(\xi) = \theta(\xi, \rho)$ dépendant de l'ordre ρ de la fonction, mais non pas de la fonction elle-même. Ces fonctions bien déterminées possèdent les propriétés ($\rho > 0$) :

(3) $$\varphi(u) > 0 \quad \text{pour } u > 0; \qquad \lim_{u=\infty} \varphi(u) = 1,$$
$$\theta(\xi) > 0 \quad \text{pour } \xi > 0.$$

Soit (1) *une fonction entière d'ordre* $\rho > 0$. *On peut trouver une suite* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$, $i = 1, 2, 3, \ldots$, *et des cercles adjoints* $|x| = R_{n_i}$ *qui ont les propriétés suivantes. Soient* ε, δ, u_0, u_1, ξ_0 *des nombres positifs fixes d'ailleurs arbitrairement petits. Il existe un* $i_0 = i_0(\varepsilon, \delta, u_0, u_1, \xi_0, f)$ *tel que pour* $i > i_0$ *le nombre des zéros de* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *dans toute couronne*

$$R_{n_i} e^{-u} \leqq |x| \leqq R_{n_i} e^{\delta}, \qquad u_0 \leqq u \leqq u_1$$

soit supérieur à

(4) $$n_i \varphi(u)(1-\varepsilon),$$

et qu'en même temps, le nombre des zéros de $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *dans un angle quelconque de grandeur* $\xi \geqq \xi_0$ *ayant son sommet à l'origine soit supérieur à*

(5) $$n_i \theta(\xi)(1-\varepsilon).$$

On voit que les expressions (4) et (5) donnent une partie non infiniment

petite des zéros de $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$. D'après (3), on peut choisir u suffisamment grand pour que l'expression (4) soit supérieure à $n_i(1-\varepsilon)$.

Nous avons exclu les fonctions d'ordre nul et, pour ces fonctions, il n'y a pas de telles relations générales (c'est-à-dire valables pour toute fonction et non seulement pour des fonctions appartenant à certains types de croissance). Pour le mettre en évidence il suffit de rappeler un problème dont se sont occupés plusieurs auteurs [1] : déterminer les fonctions entières telles que tous les $\mathfrak{P}_n(x)$ aient leurs zéros sur une même demi-droite ou sur une ligne droite ou bien dans un demi-plan donné, etc. Notre théorème montre que dans des conditions encore plus générales une telle fonction sera nécessairement d'ordre nul. D'autre part, M. Hardy [2] a montré qu'il existe effectivement de telles fonctions d'ordre nul.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'ensemble où une fonction continue a une valeur constante.* Note [3] de M. S. **Stoilow**, présentée par M. Émile Borel.

Je me suis occupé dans une Note récente [4] de certaines propriétés des transformations continues d'une variable. Le dernier paragraphe de cette Note est consacré à l'établissement d'un fait dont l'intérêt principal réside dans l'application suivante :

1. Soit la fonction continue quelconque $y=f(x)$, transformant le segment $(0,1)$ de Ox en (A,B) sur Oy. Il existe alors un ensemble I, de mesure nulle (Note citée, p. 810), formé des points où il n'existe pas de dérivée bilatérale (finie ou infinie) pour au moins l'une des fonctions z, t, ξ ou τ, relatives à un sous-segment quelconque de $(0,1)$ à extrémités rationnelles.

Soient Δ_d, δ_d, Δ_g et δ_g les nombres dérivés de $f(x)$ en x. Les limites pour $X=x$, si elles existent, du λ et du μ (p. 810) de droite, sont Δ_d et δ_d.

Mais, à la façon dont $z(y)$ est définie, la quantité $\frac{1}{z'_y[f(x)]}$, qui a un sens si la valeur y correspondant à x est prise hors de I, cette quantité représente *à la fois*, puisqu'il s'agit de dérivée bilatérale, la limite du λ de

(1) Petrovitch, *Atti del IV. Congresso dei Mat.* (Roma), vol. 2, 1909, p. 36. — Polya, *Rendiconti del Circ. Mat. di Palermo*, t. 36, 1913, p. 279.

(2) *Messenger of Math.*, t. 33, 1904, p. 62.

(3) Séance du 1er décembre 1924.

(4) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 807.

droite [où $f(X)$ est considérée seulement aux points où l'on a $f(X) \geqq f(x)$] et celle du μ de gauche.

On a donc $\Delta_d = \delta_g$.

On peut raisonner d'une façon tout à fait analogue sur t, ζ et τ et l'on obtient ainsi la proposition que voici :

Si b est une valeur prise sur (A, B) *en dehors de* I, *en tout point x de l'ensemble*

$$f(x) = b,$$

qui n'est point limite que d'un seul côté, on a $\Delta_d = \delta_g$ *si ce point est un z ou un t, et* $\Delta_g = \delta_d$ *s'il est* ζ *ou* τ. (Tout point de l'espèce considérée doit nécessairement être de l'une de ces quatre catégories.)

En particulier, si le point x est *isolé*, il est à la fois z et τ ou bien ζ et t, donc *il existe en ce point une dérivée bilatérale.*

Si la fonction $f(x)$ n'a de dérivée pour aucun point de l'ensemble $f(x) = b$, où b est pris hors de I, cet ensemble est nécessairement parfait, car il ne peut contenir de point isolé. Ceci complète les résultats du paragraphe 2 de la Note précédente.

2. En coordonnant la proposition de plus haut avec les résultats obtenus dans la Note précédente (p. 809) on peut avoir des renseignements plus complets sur la nature des ensembles $f(x) = b$, pour b ordinaire par rapport à I et à H à la fois.

On peut encore faire entrer dans H toutes les valeurs b pour lesquelles l'une des solutions de $f(x) = b$ aurait un nombre dérivé extrême quelconque nul.

C'est une généralisation d'un théorème de M. Lusin obtenue récemment par M. Saks dans les *Fundamenta Mathematicæ*, que l'ensemble de ces valeurs est encore de mesure nulle. Cette proposition, qui n'est établie dans ma Note que pour une *dérivée latérale*, peut être démontrée assez facilement au moyen de la fonction $\varphi(y)$ employée à cet endroit.

Dans l'énoncé que j'ai tiré de cette proposition se sont glissé deux fautes d'impression qui le rendent presque inintelligible. Je profite de l'occasion pour le formuler à nouveau en y introduisant l'extension dont il est question ici :

Toute fonction continue, qui n'est pas une constante, EST *telle que l'ensemble des points où il n'y a pas de* NOMBRE DÉRIVÉ EXTRÊME *nul, contient un ensemble parfait dont toute portion se transforme par la fonction en un ensemble de mesure positive.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques généralisations du triangle arithmétique de Pascal.* Note [1] de M. **Antoine Lomnicki.**

Il s'agit de la question suivante : un mobile, sortant du point P aux coordonnées zéro, décrit un mouvement brownien spécial : il se déplace, dans chaque unité de temps, d'une unité de longueur dans la direction d'un des axes des coordonnées et dans un sens quelconque; quelle est la probabilité pour que ce mobile se trouve au temps n en Q, les coordonnées de Q étant des entiers connus? Je présente ici la solution explicite de cette question pour une, deux et trois dimensions [2]. On a à trouver le nombre $a_n(x, y, z)$ de chemins différents composés de n segments-unités parallèles aux axes, menant de $P(0, 0, 0)$ à $Q(x, y, z)$. Partageons l'espace en cubes dont les arêtes sont parallèles aux axes et de longueur unité, en prenant pour centres de ces cubes tous les points à coordonnées entières. Comme le point Q ne peut être abordé que par les six cubes qui ont des faces communes avec le cube au centre duquel se trouve Q, on obtient pour $a_n(x, y, z)$ la formule récurrente suivante :

$$(1)\qquad \begin{aligned} a_{n+1}(x, y, z) = a_n(x-1, y, z) &+ a_n(x+1, y, z) + a_n(x, y-1, z) \\ &+ a_n(x, y+1, z) + a_n(x, y, z-1) + a_n(x, y, z+1) \end{aligned}$$

avec les valeurs initiales $a_0(0, 0, 0) = 1$, $a_0(x, y, z) = 0$ pour toutes les autres valeurs de x, y, z.

Dans le cas d'une et de deux dimensions, on trouve sans peine, par induction complète, pour les quantités analogues $a_n(x)$, $a_n(x, y)$ les formules

$$(2)\qquad a_n(x) = \binom{n}{\frac{n-x}{2}} = \binom{n}{p},$$

$$(3)\qquad a_n(x, y) = \binom{n}{\frac{n+x+y}{2}}\binom{n}{\frac{n+x-y}{2}} = \binom{n}{p}\binom{n}{q}.$$

---

[1] Séance du 1er décembre 1924.

[2] M. G. Pólya a démontré sur ces probabilités des théorèmes remarquables sans avoir calculé les formules effectives; voir *Irrfahrt im Strassennetz* (*Mathematische Annalen*, t. 84, 1921, p. 149-160).

L'ensemble des nombres $a_n(x)$ différents de zéro est identique à l'ensemble des nombres du triangle arithmétique de Pascal. Quant aux nombres (3), on peut les ranger dans une pyramide à sections carrées. Cette pyramide peut être regardée comme une généralisation du triangle de Pascal comme la formule récurrente qui lui correspond,

$$a_{n+1}(x, y) = a_n(x-1, y) + a_n(x+1, y) + a_n(x, y-1) + a_n(x, y+1),$$

généralise la formule connue

$$\binom{n+1}{p} = \binom{n}{p} + \binom{n}{p-1}.$$

D'une manière analogue, les nombres $a_n(x, y, z)$ admettent dans l'espace à quatre dimensions un arrangement dans une « hyperpyramide » dont les « sections » sont des octaèdres réguliers. Cependant la formule correspondant à ce dernier cas se montre beaucoup plus compliquée et plus difficile à trouver que (2) ou (3). On y parvient en transformant notre problème en la question suivante d'analyse combinatoire :

Trouver le nombre des arrangements avec répétition de la classe n de six éléments p_x, n_x, p_y, n_y, p_z, n_z, assujettis aux trois conditions supplémentaires :

$$N(p_x) - N(n_x) = x, \quad N(p_y) - N(n_y) = y, \quad N(p_z) - N(n_z) = z,$$

$N(a)$ désignant, en général, le nombre de fois que se répète l'élément a dans un arrangement, tandis que p_x symbolise un segment parcouru dans le sens des x positifs, ayant l'unité de longueur; n_x un segment analogue dans le sens négatif; et de même, p_y, n_y, p_z, n_z pour y et z.

La symétrie du problème fournit

$$a_n(x, y, z) = a_n(|x|, |y|, |z|),$$

il est donc inutile de considérer des valeurs négatives de x, y, z.

On voit aussi que l'on obtient des $a_n(x, y, z)$ non nuls seulement pour $x + y + z \equiv n \pmod 2$. Restreignons les valeurs de x, y, z conformément à ces remarques. La formule

$$N(p_x) + N(p_y) + N(p_z) + N(n_x) + N(n_y) + N(n_z) = n,$$

combinée avec les conditions supplémentaires, donne

$$N(p_x) + N(p_y) + N(p_z) = \frac{n + x + y + z}{2}$$

comme nombre des segments-unités positifs. On peut donc les choisir de $\binom{n}{\frac{n+x+y+z}{2}}$ manières parmi les n segments disponibles. Après avoir choisi un arrangement déterminé des p et n sans indices, on attribue à $N(p_z)$ successivement toutes les valeurs admissibles, c'est-à-dire

$$z,\quad z+1,\quad z+2,\quad \ldots,\quad z+\frac{n-x-y-z}{2}.$$

On démontre qu'une valeur particulière $N(p_z)=z+s$ donne naissance à

$$\binom{\frac{n+x+y+z}{2}}{z+s}\binom{\frac{n-x-y-z}{2}}{s}\binom{n-z-2s}{\frac{n+x-y-z}{2}-s}$$

arrangements différents. Nous trouvons enfin, en posant

$$\frac{n+x+y+z}{2}=p,\qquad \frac{n+x-y-z}{2}=q,\qquad z=r,$$

la formule

$$(4)\qquad a_n(x,y,z)=\binom{n}{p}\sum_{s=0}^{s=p}\binom{p}{s}\binom{n-p}{r+s}\binom{n-r-2s}{q-s}.$$

Il apparaît d'ailleurs que la formule subsiste pour x, y, z négatifs, de sorte que l'on n'est pas forcé de remplacer x, y, z par leurs modules.

La formule (4) montre des propriétés de symétrie intéressantes généralisant celles de nombres de Pascal. On la vérifie par induction complète, à l'aide de la formule récurrente (1), en tenant compte des valeurs initiales.

La généralisation du triangle de Pascal considérée ci-dessus n'est pas la seule possible. On trouve, par exemple, pour le nombre $b_n(x,y,z)$ des chemins d'un mobile qui décrit dans chaque unité du temps la diagonale joignant le centre d'un cube au centre d'un des huit cubes voisins, l'expression

$$b_n(x,y,z)=\binom{n}{\frac{n+x}{2}}\binom{n}{\frac{n+y}{2}}\binom{n}{\frac{n+z}{2}}.$$

On peut ranger ces nombres en « hyperpyramide » dont les sections sont des cubes. Une autre généralisation est fournie au moyen d'un mobile qui passe toujours par les milieux des arêtes. La section de l'hyperpyramide est ici un corps semi-régulier d'Archimède (combinaison cristallographique du cube et de l'octaèdre). Je n'ai pas cherché la formule relative à ces derniers nombres.

HYDRAULIQUE. — *Sur quelques procédés de mesure des vitesses en hydraulique.* Note de MM. L. **Escande** et **M. Ricaud**, présentée par M. Rateau.

1. *Détermination chronophotographique des vitesses en régime turbulent.* — La méthode habituelle [1], utilisant des poussières en suspension, ne donne pas de résultat dans l'étude du régime turbulent. Les variations continuelles de la vitesse en chaque point donnent une orientation différente aux particules passant successivement en ce point, et toute mesure devient impossible. Si l'on substitue aux poussières des billes, de densité égale à celle de l'eau, de 2 à 3^{mm} de diamètre par exemple, ces billes intègrent la vitesse des particules en contact avec elles et prennent la vitesse moyenne locale de l'eau, en chaque point. Elles suivent donc les trajectoires moyennes, avec une vitesse, bien déterminée, que l'on mesure facilement par la chronophotographie.

Nous avons vérifié l'exactitude des indications fournies par les billes en les comparant à celles données :

a. Par le tube de Pitot, dans la détermination de la vitesse à l'intérieur d'un ajutage, en régime turbulent; pour cette vitesse, le tube de Pitot donnait 1,40 m : s, les billes 1,39.

b. Par la chronophotographie de poussières, dans un écoulement non turbulent, en étudiant la répartition des vitesses sur un barrage épais. La concordance a été très satisfaisante, les vitesses variant de 0,6 à 0,9 m : s.

2. *Théorie du tube de Pitot.* — La vitesse V en un point du courant liquide est donnée par la formule du tube de Pitot, employée conformément aux indications de M. Rateau :

$$V = \sqrt{2g(H_1 - H_2)},$$

H_1 étant la hauteur d'eau correspondant à l'orifice A, normal aux filets; H_2 étant la hauteur d'eau correspondant à l'orifice B, parallèle aux filets.

On prétend souvent que cette formule est empirique, et qu'on ne peut appliquer l'équation de Bernoulli entre les points A et B, ces filets ne se trouvant pas sur la même trajectoire.

L'étude chronophotographique nous a montré qu'on peut disposer les orifices A et B sur le même filet, et que la vitesse des particules liquides

---

[1] C. Camichel, *Sur la détermination des vitesses dans les liquides* (*Revue générale de l'Électricité*, t. 6, 1919, p. 707-709).

arrivant contre l'orifice A devient très faible au voisinage de celui-ci, puis, change de direction et croît le long des parois latérales du tube, pour reprendre en B sa valeur normale.

L'équation de Bernoulli est donc rigoureusement applicable entre les points A et B, à condition que ces points soient convenablement choisis. Contrairement à ce que l'on dit, ces points doivent être à une distance suffisante pour que les conditions que nous venons d'indiquer soient réalisées.

3. *Perfectionnement au tube de Pitot.* — Le tube de Pitot a une graduation parabolique, et manque de sensibilité pour les faibles vitesses.

Nous employons pour celles-ci un dispositif de M. Camichel dans lequel on compense la différence de pression $H_1 - H_2$, entre les orifices A et B, par une pression antagoniste réglable; celle-ci est produite par une pompe branchée dans une portion de circuit réunissant les orifices A et B; ce circuit renferme également un index constitué par une bille, ayant la même densité que l'eau, située dans un tube de verre. On détermine la vitesse de la pompe pour laquelle la bille reste immobile.

On arrive ainsi à mesurer les vitesses d'eau de 3 à 4 cm : s.

Remarque au sujet de la Communication précédente, par M. **Rateau**.

Il est clair que la sorte d'intégration donnée par les petites billes ne sera satisfaisante que si le diamètre de ces billes correspond à celui des remous ou tourbillons qui constituent la turbulence. Il faudra donc proportionner convenablement ce diamètre à l'amplitude des remous.

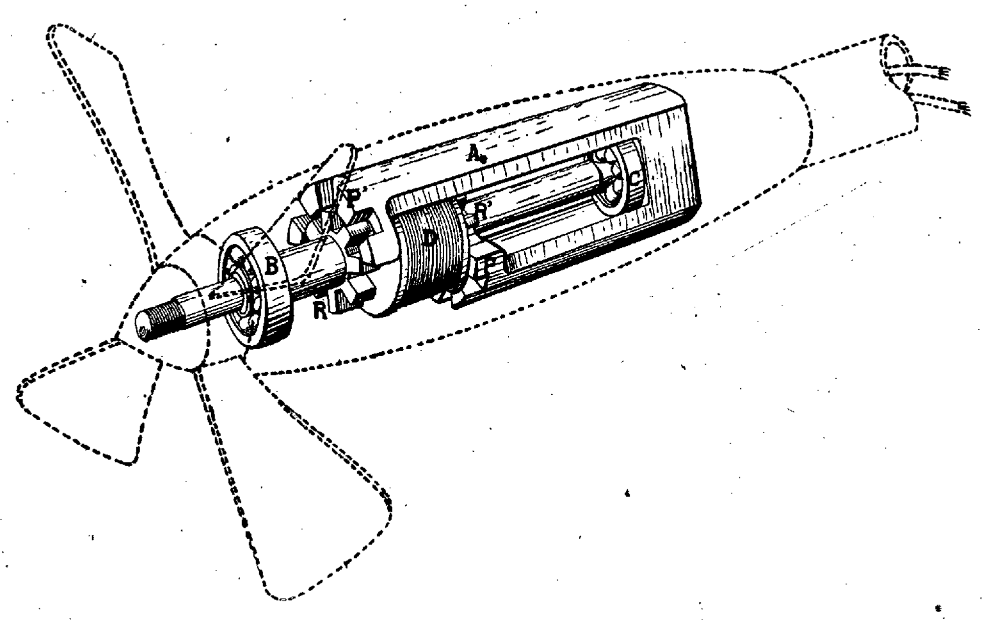
NAVIGATION AÉRIENNE. — *Indicateur acoustique de vitesse relative pour aéronef.* Note de M. **A. de Gramont de Guiche**, présentée par M. A. Rateau.

Un pilote d'avion doit pouvoir connaître, à chaque instant, la vitesse du vent relatif et, en particulier, sa limite inférieure au voisinage de laquelle commence le danger de la perte de vitesse. Sur un planeur, le pilote se trouve constamment aux environs de cette limite et l'indicateur de vitesse relative doit être consulté d'une façon presque permanente. Si l'aviateur peut juger de cette vitesse relative et de ses variations par l'oreille, sa tâche se trouve simplifiée, car il n'est plus astreint à fixer des yeux un appareil déterminé.

On conçoit, d'autre part, qu'un élève apprenne à piloter au moyen de réflexes auditifs. Sur un planeur où les coups de vent latéraux ont une

action marquée, deux indicateurs placés aux extrémités des ailes donneraient au pilote, par audition double, la perception des rafales, avant que l'inertie de la cellule ne lui ait permis de la reconnaître par une oscillation.

L'intérêt de l'indicateur acoustique n'avait pas échappé à certains pilotes : M. le capitaine Lucca, dès 1911, se servit d'une petite sirène entraînée par une hélice; on a retrouvé également dans les papiers laissés par Maurice Guéritot un projet de micro-sirène mue par la dépression d'un tube de Venturi.



Nous avons essayé, pour réduire l'inertie du système, de conduire au moyen d'une hélice très légère un petit alternateur à fer tournant. A chaque tour de l'hélice correspond un certain nombre de maxima du courant, qui, dans un récepteur téléphonique, produisent un son de hauteur déterminée. Les frottements ont été réduits le plus possible, en sorte que l'énergie empruntée au courant d'air relatif est presque entièrement transformée en énergie électrique utilisée dans le récepteur.

Le couple résistant de l'alternateur étant peu important permet au moulinet de tourner avec un recul très faible, ce qui est la condition de fonctionnement correct d'un bon anémomètre.

Le moulinet alternateur se compose d'un corps fuselé en aluminium, taraudé à l'arrière pour recevoir l'extrémité de l'antenne de fixation et portant l'hélice à sa partie antérieure.

Dans ce corps, se loge un aimant permanent A dont les branches inégales sont terminées par des pièces polaires PP′ crénelées correspondant aux roues dentées RR′ portées sur l'axe de l'hélice anémométrique et entraînées par elle.

Cet axe tourne dans le roulement à billes B et dans la crapaudine C. Il traverse sans frottement la bobine fixe D qui constitue l'enroulement induit de l'alternateur d'où partent les fils du récepteur téléphonique.

Le flux magnétique subit une déviation d'un des pôles à l'autre, mais se trouve sensiblement axial dans la région de la bobine, la valeur du flux étant fonction, à un instant donné, de la grandeur des entrefers du système : il présente un maximum chaque fois que les dents des pôles sont en face de celles de l'axe tournant, soit huit fois par tour d'hélice.

Le son moyen produit devra correspondre à l'intervalle de plus grande sensibilité pour l'oreille : il sera déterminé, pour un avion donné, par le pas de l'hélice du moulinet.

Les dimensions de l'appareil ont été réduites autant que possible, afin de diminuer le moment d'inertie des éléments mobiles : le poids de l'hélice en duralumin ne dépasse pas 10^{g} pour 9^{cm} de diamètre.

Cet indicateur de vitesse a été mis en essai par le lieutenant Thoret; celui-ci s'exprime à son sujet comme suit : « Les variations de vitesse obtenues par des piqués ou des cabrages, même légers, ou par des variations du moteur étaient signalées par des variations du son de façon parfaite. On peut continuer à observer le sol en étant renseigné, malgré soi, sur la vitesse. »

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Procédé de régénération du gaz des dirigeables évitant leur dégonflement.* Note (¹) de MM. **R. Biquard** et **A. Chenu**, présentée par M. Rateau.

La nécessité de remplacer périodiquement, d'une manière partielle ou totale, le gaz hydrogène ou hélium contenu dans les dirigeables constitue un gros inconvénient de leur technique.

Quand la force ascensionnelle est devenue insuffisante par suite de rentrées d'air, on procède à un dégonflement partiel ou total suivi de regonflement avec du gaz pur. Ces opérations sont longues et coûteuses, en

(1) Séance du 8 décembre 1924.

raison des manœuvres qu'elles nécessitent. Elles sont de plus très préjudiciables à la conservation du ballon. Les enveloppes des ballons souples sont piétinées et traînées sur le sol, ce qui les éraille et amène fréquemment une diminution sensible de leur étanchéité après regonflement. Quant aux ballonnets de baudruche des rigides, ils se fissurent par suite des plissements, surtout si le temps n'est pas très humide, et cela au point que l'on considère comme hors de service des ballonnets ayant subi trois dégonflements. Or ils représentent 20 pour 100 de la valeur du dirigeable. De plus, dans le cas des rigides, l'étayage ne permet pas toujours d'éviter des déformations de la carcasse, susceptibles de constituer des amorces de ruptures ultérieures.

Nous avons pensé que ces inconvénients seraient évités si l'on substituait au procédé de dégonflement et regonflement un procédé de régénération de gaz par simple circulation gazeuse entre le ballon, ou les ballonnets, et des appareils épurateurs appropriés, établie de manière que le circuit gazeux comprenne toute la capacité du ballon (*fig.* 1) ou des ballonnets

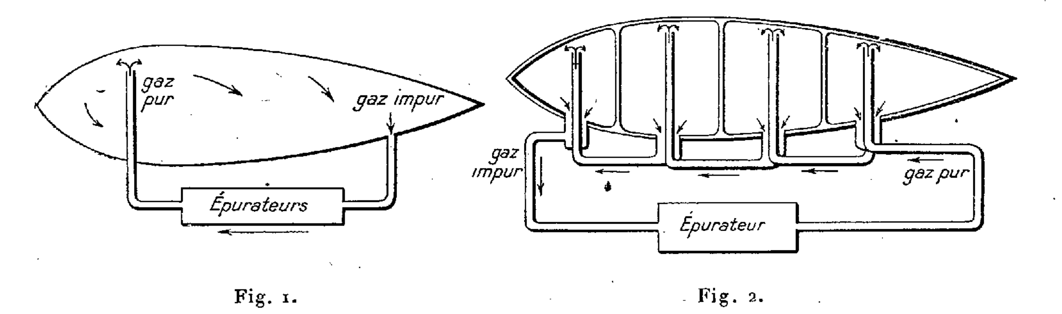


Fig. 1. Fig. 2.

reliés entre eux en série (*fig.* 2) et l'appareil épurateur. L'appareil épurateur peut être du type de ceux utilisés pour l'extraction de l'hydrogène du gaz à l'eau. Pour le gaz hélium, on peut avoir recours au principe, déjà utilisé par l'Aéronautique américaine, de l'absorption des impuretés par le charbon de bois à la température de l'air liquide.

Il peut sembler au premier abord que le mode de régénération par simple circulation soit désavantageux à cause du mélange du gaz purifié renvoyé au ballon avec le gaz non encore traité.

Nous avons déterminé par le calcul quelle peut être l'influence de la diffusion gazeuse sur le rendement pratique d'une opération ainsi conduite, et quel serait, en fonction du volume du ballon, le volume total du gaz à faire circuler dans l'épurateur pour obtenir un degré de purification déterminé.

Nous avons, dans ces calculs, supposé qu'il y a diffusion instantanée du gaz pur renvoyé au ballon dans la totalité de la masse gazeuse du ballon.

Soient A le volume total du gaz contenu dans le ballon (que nous supposons d'abord à capacité unique), k_0 sa teneur volumétrique en impuretés au début de l'opération, k cette teneur à un moment quelconque de l'opération, et t la teneur résiduelle constante, en impuretés, du gaz sortant de l'épurateur.

Soit $-dk$ la diminution de la teneur k de la masse A lorsqu'il rentre et se diffuse dans ce volume un élément de volume dv de gaz purifié.

On a

$$-\mathrm{A}\,dk = (k - t)\,dv,$$

qui peut s'écrire, puisque t est constant,

$$-\mathrm{A}\,d(k - t) = (k - t)\,dv.$$

En intégrant, on trouve aisément, pour valeur de k, lorsqu'un volume V de gaz a traversé l'épurateur,

$$k = t + (k_0 - t)\,e^{-\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}}.$$

Pour V = A, on trouve ainsi que l'on a éliminé 63 pour 100 de la quantité totale d'impuretés éliminables (eu égard à la teneur résiduelle t d'impuretés que l'épurateur est toujours supposé ne pouvoir éliminer). Ce taux atteint 78 pour 100 lorsque V atteint 1,5 fois le volume du ballon et 86 pour 100 lorsque V atteint 2 fois ce volume.

Dans le cas d'un dirigeable à plusieurs ballonnets, il est facile d'étendre le calcul ci-dessus, à condition toutefois d'admettre, pour éviter des formules très complexes, que :

1° Les n ballonnets du dirigeable ont tous la même capacité

$$a = \frac{\mathrm{A}}{n};$$

2° Lorsque le premier ballonnet reçoit un volume V de gaz purifié sortant de l'épurateur, le deuxième ballonnet reçoit un volume $(\mathrm{V} - a)$ de gaz pur, le troisième ballonnet un volume $(\mathrm{V} - 2a)$, etc.

En appliquant au gaz du premier ballonnet la formule établie plus haut pour une capacité unique, on trouve que, après passage d'un volume V dans l'épurateur, la tenenr en impuretés dans le premier ballonnet devient

$$k_1 = t + (k_0 - t)\,e^{-\frac{\mathrm{V}}{a}} = t + (k_0 - t)\,e^{-\frac{n\mathrm{V}}{\mathrm{A}}}$$

et d'une façon générale pour le $n^{ième}$ ballonnet,

$$k_n = t + (k_0 - t)\, e^{-\frac{V-(n-1)a}{a}} = t + (k_0 - t)\, e^{-\left[\frac{nV}{A} - (n-1)\right]}.$$

Le tableau ci-dessous donne une idée des résultats numériques auxquels conduisent ces formules dans le cas d'un dirigeable à cinq ballonnets supposés d'égal volume.

Rapport du volume de gaz ayant traversé l'épurateur au volume total du gaz du dirigeable. $\frac{V}{A}$.	Taux pour 100 d'épuration dans les différents ballonnets (Rapport de la quantité d'impuretés éliminées à la quantité d'impuretés éliminables avec l'appareil d'épuration employé).				
	Premier ballonnet.	Deuxième ballonnet.	Troisième ballonnet.	Quatrième ballonnet.	Cinquième ballonnet.	Moyenne.
1	99,5	98	95	85,5	63,5	87,2
1,3	99,5	99	98,5	97	95	97,7
1,5	99,7	99,5	99	98,5	97	98,7

On voit donc qu'avec un rapport $\frac{V}{A} = 1,3$, c'est-à-dire en prolongeant la circulation dans l'épurateur de façon que le volume gazeux qui le traverse dépasse de 30 pour 100 seulement le volume du gaz du ballon, on obtiendrait une épuration qui, d'après la théorie et les calculs ci-dessus, serait d'environ 98 pour 100 de l'épuration maximum qu'il est possible d'obtenir avec les appareils purificateurs employés.

Les expériences faites sur des réservoirs de 200 litres ont confirmé les prévisions théoriques. L'extrême simplicité des phénomènes mis en jeu donne de fortes raisons de considérer que la théorie se trouverait également confirmée par des expériences faites sur des dirigeables, et que le procédé qui vient d'être exposé permettrait d'aplanir une des difficultés essentielles que rencontre leur utilisation.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon pendant le troisième trimestre de* 1924. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 87 jours d'observations dans ce trimestre ([1]), et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Le nombre et l'étendue de ces phénomènes ont encore augmenté : on a,

([1]) Avec l'aide de M^{lle} Bloch.

en effet, enregistré 30 groupes de taches dont l'aire moyenne totale est de 2690 millionièmes, au lieu de 17 groupes et 1705 millionièmes, précédemment.

Cet accroissement appartient entièrement à l'hémisphère boréal, avec 24 groupes au lieu de 10; dans l'autre hémisphère il y a eu diminution d'un groupe, soit 6 au lieu de 7.

Le groupe août 30,8 à + 20° de latitude moyenne (Tableau I), né le 28, s'est développé avec une rapidité extraordinaire; ses deux taches principales, distantes entre elles de 10° en longitude, ont été *visibles à l'œil nu :* la suivante, ou orientale, dès le 30, et la précédente, ou occidentale, à dater du 31. — Dans le groupe du mois de juin, à + 31° de latitude, la tache principale seule visible à l'œil nu (¹), était la précédente.

D'autre part, la diminution des jours sans taches s'est accélérée, leur proportion a passé, effectivement, de 0,23 à 0,02.

Enfin, la latitude de l'ensemble est restée sensiblement stationnaire au sud de l'équateur, avec — 24°,8 au lieu de — 24°,7, mais elle a beaucoup diminué au nord, avec + 22°,0 au lieu de + 31°,3.

Régions d'activité. — Les facules ont augmenté en nombre et en étendue : nous avons enregistré, effectivement, 62 groupes et une aire totale de 42,6 millièmes, au lieu de 50 groupes et 26,1 millièmes.

Cette augmentation appartient également à l'hémisphère boréal, avec 45 groupes au lieu de 32, tandis que l'hémisphère austral a fourni un groupe en moins, soit 17 au lieu de 18.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,03.			
27- 8	12	3,9		+32	153
2-11	10	5,5		+19	67
1- 5	5	5,9		+26	61
8	1	7,3		+32	6
5- 8	4	9,4	−22		26
9-17	9	11,3		+ 5	232
9-12	4	12,2	−27		9
7-19	13	12,7		+21	227
21-23	2	18,1		+28	27
23	1	19,8		+45	6
23-29	7	23,6		+27	24
21	1	25,3		+19	11
26- 6	12	30,8		+34	94
	30 j.		−24°,5	+26°,2	
		Août. — 0,03.			
31- 1	2	6,0		+38	12
7-10	4	6,2	−19		8
31-12	13	7,0		+ 5	207
		Août (suite).			
3- 5	3	8,4		+27	10
12-14	2	9,2	−27		40
3-10	8	9,4		+24	24
15-26	12	21,2		+14	164
16-24	8	22,0		+18	86
28-6	9	30,8		+20	707
	30 j.		−23°,0	+20°,9	
		Septembre. — 0,00.			
28- 9	11	3,0		+ 3	160
6 - 7	2	4,9	−29		24
10-19	10	14,3		+22	123
20-22	3	21,8		+23	5
19-26	7	23,4	−25		75
28-29	2	24,9		+19	21
28-29	2	28,5		+20	6
25- 3	7	30,3		+ 7	75
	27 j.		−27°,0	+15°,7	

(¹) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 1144.

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1924.	Sud. 90°	40°	30°	20°	10°	0°	Somme.	Nord. Somme.	0°	10°	20°	30°	40°	90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	2	»	»		2	11	1	2	4	3	1		13	943
Août........	»	»	1	1	»		2	7	1	3	2	1	»		9	1258
Septembre ..	»	»	2	»	»		2	6	2	2	2	»	»		8	489
Totaux...	»	»	5	1	»		6	24	4	7	8	4	1		30	2690

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1924.	Sud. 90°	40°	30°	20°	10°	0°	Somme.	Nord. Somme.	0°	10°	20°	30°	40°	90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	4	1	»		5	15	1	3	5	3	3		20	17,7
Août........	»	»	3	2	»		5	16	1	4	5	4	2		21	12,4
Septembre ..	»	5	1	1	»		7	14	1	4	6	»	3		21	12,5
Totaux....	»	5	8	4	»		17	45	3	11	16	7	8		62	42,6

ÉLECTRICITÉ. — *Un fréquencemètre électrolytique de construction simple.* Note de M. **A.-P. Rollet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'appareil est basé sur les phénomènes d'oxydation et de réduction successives que subit une électrode d'argent, quand on électrolyse une solution alcaline en courant alternatif de basse fréquence.

Pour mettre en évidence les réactions chimiques qui se produisent à la surface de l'argent, il suffit, pendant le passage du courant, de retirer d'un mouvement assez rapide l'électrode du bain électrolytique.

Considérons sur une lame d'argent servant d'électrode toute une série de segments de droite horizontaux. Lors du déplacement vertical de la lame, le courant est interrompu pour chacun de ces segments à l'instant où ils émergent de la surface de l'électrolyte. Chacun de ces segments présente donc un aspect des réactions d'oxydation et de réduction correspondant à la phase du courant alternatif où s'est produite l'interruption pour le segment considéré. On a sur la lame une série de bandes alternativement noires (oxyde d'argent) et blanches (argent métallique). Chaque bande noire avec la bande blanche voisine correspond à une période entière du courant alternatif, et représente l'oxydation anodique puis à l'alternance suivante la réduction cathodique.

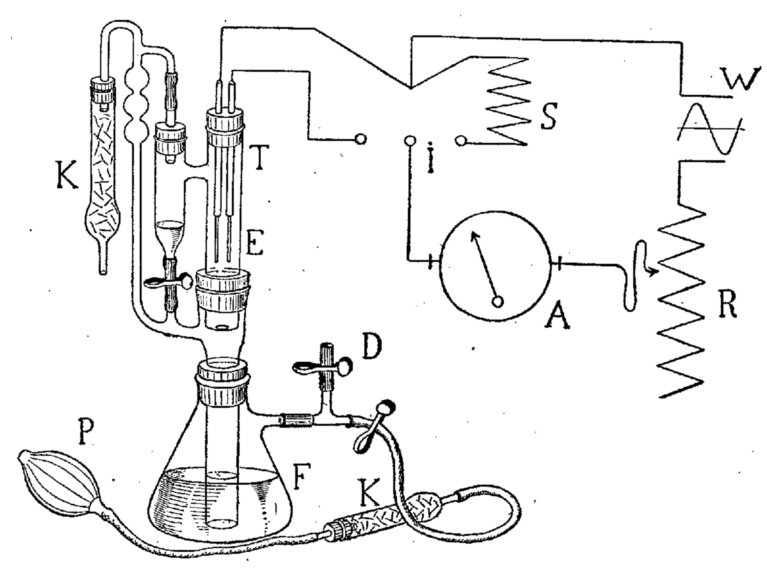
Cette expérience ressemble à celle bien connue du papier, imbibé de sulfate de soude et de tournesol, et relié à un pôle de la source de courant

alternatif, tandis que l'autre pôle est promené sur le papier. Dans ce cas cependant l'électrode mobile marque simplement qu'elle est de façon discontinue cathode, ce qui ne caractérise pas uniquement un courant alternatif.

On peut, au moyen d'électrodes d'argent, mesurer la fréquence donnée par la relation

$$n = lv,$$

n, fréquence du courant alternatif; l, nombre de raies noires comptées sur la lame par unité de longueur verticale; v, vitesse de déplacement vertical de la lame.



A, ampèremètre; D, déclanchement de l'écoulement par chute de la pression d'air; E, électrodes d'argent; F, électrolyte; I, interrupteur inverseur; K, tubes à potasse solide; P, poire de caoutchouc; R, résistance variable; S, résistance fixe égale à celle de la cellule électrolytique; T, tube de Torricelli; W, source du courant alternatif.

Dans l'appareil qui a été réalisé (voir la figure) les électrodes sont fixes et l'électrolyte s'écoule dans un tube par un orifice en mince paroi (principe de Torricelli).

Pour obtenir des raies bien nettes, l'électrolyte (potasse ou soude) doit avoir une concentration comprise entre 1 et 4 pour 100. L'intensité du courant peut varier de 1 à 3 ampères.

Les électrodes sont constituées par deux fils d'argent de 1^{mm} de diamètre. Des traits gravés servent de repères entre lesquels le nombre de bandes

noires est compté. Pour diminuer l'erreur relative il faut compter le plus de bandes possible. Avec 25 raies par électrode, on fait baisser l'erreur à moins de 1 pour 100.

L'appareil est étalonné avec un courant de fréquence bien connue, ce qui donne un facteur qu'il suffira de multiplier dans les expériences ultérieures par le total des raies pour avoir la fréquence.

Ce fréquencemètre est d'une réalisation très facile avec le matériel courant du laboratoire et ne nécessite qu'une science rudimentaire du travail du verre.

Des mesures ont été faites avec une commutatrice donnant des fréquences allant de 20 à 75 périodes par seconde.

Les résultats ont été pleinement satisfaisants et permettent de penser qu'il est possible de mesurer des fréquences pouvant dépasser 100,

En résumé il est facile d'enregistrer en fonction du temps les deux phénomènes chimiques inverses (par exemple oxydation et réduction) qui se produisent à la surface d'électrodes pendant une électrolyse en courant alternatif.

Le nombre de changements de sens du phénomène est le double du nombre de périodes.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches sur les rayons X de grande longueur d'onde.* Note (1) de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Des rayons X de grande longueur d'onde, faisant suite aux radiations ultraviolettes, ont été successivement étudiés et mesurés par Dember (1913), J.-J. Thomson (1914), Dadourian (1919), Wehnelt et Treukle, Widdington, Debienne et Holweck, Mlle Laird (1915-1920), et enfin plus récemment encore par L.-M. Reboul.

Ces rayons X de grande longueur d'onde, ou rayons X très mous, sont compris entre $\lambda = 750\,\text{Å}$ et $\lambda = 12\,\text{Å}$.

Nous croyons devoir rappeler, à ce sujet, que des observations antérieures furent faites par nous, sur ces radiations, au Laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne, en mars 1901 (2).

---

(1) Séance du 15 décembre 1924.

(2) *Production directe des rayons X dans l'air* (*Comptes rendus*, t. **132**, 1901, p. 770-772).

Dans cette Note, étaient relatés les faits suivants :

« L'expérience m'a démontré que les rayons X peuvent être produits directement dans l'air et en dehors du vide de Crookes; des rayons X prennent naissance sous l'influence simultanée des radiations ultraviolettes et d'un champ électrique.

» L'activité des rayons X émis est fonction : de l'intensité du champ électrique, de l'intensité des radiations ultraviolettes, de la longueur d'onde de celles-ci, et enfin de la nature des substances à la surface desquelles ils prennent naissance. »

Il fut reconnu dans ces recherches, ainsi qu'il en est fait mention dans la Note, que ces rayons X particuliers possédaient les propriétés essentielles des rayons X, mais qu'ils subissaient une forte absorption par leur passage à travers une feuille mince d'aluminium, contrairement à ce qui a lieu avec les rayons X ordinaires.

Dans une autre Note (¹) présentée à l'Académie l'année suivante, il était dit : « Lorsque des radiations lumineuses ou ultraviolettes sont projetées sur une lame conductrice mince, elles donnent naissance sur la face non éclairée de cette lame à des radiations analogues aux rayons X. » Ces radiations, présentant des propriétés analogues aux rayons X, furent désignées par nous sous le nom de rayons radioactiniques.

En avril 1908, dans d'autres recherches sur la radioactivité temporaire faites au laboratoire de Mascart, au Collège de France (²), nous signalions que sous l'influence de rayons X très mous, produits à la surface d'un métal, sous la double action de radiations ultraviolettes et d'un champ électrostatique négatif, on obtenait une véritable radioactivité temporaire, qui était proportionnelle aux nombres atomiques des métaux, allant en croissant, depuis le lithium jusqu'à l'uranium, en passant par l'aluminium, le fer et le plomb. Il résulte de l'ensemble de ces recherches, faites à la Sorbonne et au Collège de France, de 1901 à 1908, que les rayons X à longue longueur d'onde avaient été signalés par nous, dès l'année 1901, ainsi qu'un certain nombre de leurs principales propriétés. Les premières mesures qui aient été faites sur leur longueur d'onde, par Dember, datent réellement de l'année 1913.

(¹) *Recherches sur les phénomènes actino-électriques* (*Comptes rendus*, t. **134**, 1902, p. 1491).

(²) *Étude sur les phénomènes radiochimiques* (*Électricien*, 23ᵉ année, 2ᵉ série, t. **25**, 1903, p. 374-375). — *Étude sur les phénomènes radiochimiques* (*Cosmos*, nouv. série, nº **959**, 1903, p. 752-756). — *Recherches sur la radioactivité temporaire* (*Cosmos*, nouv. série, nº **1211**, 1908, p. 406-410).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur l'obtention des diagrammes de Laue au moyen de rayons X monochromatiques et sur la structure de la nacre.* Note de M. **J.-H. Shaxby**, présentée par M. M. de Broglie.

Comme on le sait, les diagrammes de Laue sont habituellement produits au moyen d'un spectre Röntgen continu. Les taches sont alors produites par diverses longueurs d'ondes, ce qui complique l'interprétation du cliché, par suite de l'introduction d'une seconde inconnue, la première étant l'architecture du cristal. Si, au contraire, on utilise des rayons X monochromatiques, les taches apparaissent moins nombreuses ([1]). Si le cristal est assez transparent par rapport aux rayons K de l'anticathode, seuls habituellement employés, le spectre continu joue un rôle négligeable si la tension n'est pas trop élevée. Si, au contraire, l'action filtrante du cristal est prépondérante et la tension élevée, la longueur d'onde effective est plus courte que les rayons K de l'anticathode et la même figure peut être obtenue avec, par exemple, des anticathodes d'argent et de tantale fonctionnant sous 40 kilovolts. Cette longueur d'onde effective peut être observée au spectrographe ou calculée au moyen des coefficients connus d'absorption.

J'ai réalisé expérimentalement ces conditions avec l'appareil à tension constante et le tube en quartz décrits par M. A. Dauvillier ([2]). Ce tube d'un diamètre de 5^{cm} était muni d'une anticathode d'argent et alimenté sous 40 kilovolts. Un faisceau étroit de rayons X issu du collimateur tubulaire interne traversait la fenêtre transparente et un second diaphragme de plomb sur lequel était appliqué le cristal. Les rayons transmis impressionnaient une plaque photographique doublée d'un écran renforçateur. Avec un courant d'une vingtaine de milliampères et un cristal d'un centimètre d'épaisseur les poses durent environ 4 heures.

J'ai ainsi examiné la structure de la nacre et interprété les figures signalées par M. Dauvillier ([3]). Lorsque les rayons se propagent normalement aux feuillets il apparaît 6 taches diffuses indiquant une symétrie

([1]) En général ces taches sont fort peu nombreuses et ceci limite l'utilisation de la méthode. Dans le cas de la nacre les taches sont nombreuses parce que le maclage particulier de l'aragonite fournit une variation suffisante de l'orientation des plans atomiques sans qu'il en résulte une hétérogénéité qui confondrait les taches.

([2]) *Journal de Physique*, t. 3, mai 1922, p. 154.

([3]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 819.

quasi hexagonale des atomes dans les plans de stratification. Dans la direction parallèle à ces plans on obtient un diagramme indiquant un assemblage rectangulaire.

Le constituant minéral de la nacre serait l'aragonite dont la structure a été étudiée *a priori* par Huggins (¹) et expérimentalement par W. L. Bragg (²).

Celui-ci a classé l'aragonite comme holosymétrique du système orthorhombique avec des axes fondamentaux *a*, *b*, *c* mesurant 4,94 A, 7,94 A et 5,72 A, *c* est l'axe de symétrie pseudo-hexagonale et l'unité de structure contient 4 (Ca CO^3).

Huggins a trouvé un arrangement tout à fait différent pour les groupes CO^3 par rapport aux atomes de Ca et une plus petite unité ne renfermant que 2 (Ca CO^3). Les mesures que j'ai faites confirment entièrement celles de Bragg.

J'ai donc démontré que la partie minérale de la nacre consiste en cristaux d'aragonite, dont l'axe quasi hexagonal est normal aux feuillets.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre des lignes de l'azote.* Note de M. F. **Croze**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre de lignes que l'on obtient en faisant éclater une étincelle dans une atmosphère d'azote est émis en partie par l'atome d'azote à l'état neutre (³), en partie par l'atome ionisé une ou deux fois (⁴). L'objet de cette Note est de montrer que la structure de l'ensemble de ce spectre est conforme à la loi de l'alternance des multiplicités.

On savait déjà que les spectres de l'atome neutre (N) et de l'atome ionisé deux fois (N^{++}) apparaissent formés par des combinaisons entre des termes de multiplicité paire, comme le veut la règle d'alternance. D'une part, en effet, les observations de Lyman (⁵) sur la partie ultraviolette du spectre de l'atome neutre ont mis en évidence des *doublets* de même largeur. Dans le spectre de l'atome ionisé deux fois (N^{++}) Fowler (⁴) a signalé d'autre part trois doublets qu'il attribue respectivement à une série princi-

(¹) *Phys. Rev.*, t. **19**, 1922, p. 354.
(²) *Proc. Roy. Soc.*, A, t. **105**, 1924, p. 16.
(³) G. A. Hemsalech, *Comptes rendus*, t. **152**, 1911, p. 1086.
(⁴) A. Fowler, *Report on series in line spectra*. Londres, 1922, p. 166.
(⁵) Th. Lyman, *L'ultraviolet* (traduction Rivière), Paris, 1924, p. 136.

pale, à une série fine et à une série diffuse de doublets. Les mesures de l'effet Zeeman que nous avons publiées en 1914 (¹) confirment ces attributions; elles mettent de plus en évidence des décompositions de raies caractéristiques des combinaisons de type $s^4 p^2$ entre des termes doubles (p^2) et des termes quadruples (s^4).

Jusqu'ici cependant le spectre de l'atome ionisé une fois (N^+) n'avait jamais été résolu en groupes de raies analogues à ceux qu'on rencontre dans les séries. Nos mesures de l'effet Zeeman permettent de montrer que ce spectre est formé, comme le veut la règle d'alternance, de combinaisons entre des termes de multiplicité impaire. Les relevés publiés jusqu'ici sont malheureusement trop incomplets et trop peu précis en beaucoup de

I. — *Multiplet pp'.*

i.....	8		4			
λ.....	4630,551		4601,490			p'_1
ν.....	21589,68	136,34	21726,02			
	58,38		58,35			$\Delta p'_{12}$
i.....	4		2		3	
λ.....	4643,106		4613,884		4607,157	p'_2
ν.....	21531,30	136,37	21667,67	31,58	21699,25	
			35,27			$\Delta p'_{23}$
i.....			3			
λ.....			4621,405			p'_3
ν.....			21632,40			
	p_1	Δp_{12}	p_2	Δp_{23}	p_3	

II. — *Multiplet pd.*

i.....	6					
λ.....	5679,52					d_1
ν.....	17602,25					
	96,15					Δd_{12}
i.....	4		5			
λ.....	5710,70		5666,54			d_2
ν.....	17506,1	136,5	17642,6			
	60,3		60,85			Δd_{23}
i.....	1		4		4	
λ.....	5730,46		5686,14		5676,06	d_3
ν.....	17445,8	135,95	17581,75	31,25	17613,0	
	p_1	Δp_{12}	p_2	Δp_{23}	p_3	

(¹) F. Croze, *Ann. de Phys.*, t. 1, 1914, p. 37.

III. — *Multiplet $p'd'$.*

i.....	5					
λ.....	5941,49					d'_1
ν.....	16826,15					
	30,25					$\Delta d'_{12}$
i.....	3		4			
λ.....	5952,20		5931,50			d'_2
ν.....	16795,9	58,5	16854,4			
			24,7			$\Delta d'_{23}$
i.....			2		3	
λ.....	Raie faible		5940,22		5927,57	d'_3
ν.....	non encore observée		16829,7	36,0	16825,7	
	p'_1	$\Delta p'_{12}$	p'_2	$\Delta p'_{23}$	p'_2	

IV. — *Multiplet dd'.*

6		1			
4803,20		4781,20			d'_1
20813,6	95,8	20909,4			
30,2		30,2			$\Delta d'_{12}$
3		5		3	
4810,20		4788,13		4774,23	d'_2
20783,4	95,8	20879,2	60,8	20940,0	
		24,0		24,15	$\Delta d'_{12}$
		3		4	
		4793,64		4779,73	d'_3
		20855,2	60,65	20915,85	
d_1	Δd_{12}	d_2	Δd_{23}	d_3	

régions pour qu'il soit possible de donner dès à présent le dispositif complet de la structure du spectre : ils permettent cependant de mettre en évidence l'existence de séries de raies simples et de *trois* systèmes de termes de multiplicité *triple* décelés par la présence de multiplets des types ps, pd, df, pp', dd', $p'd'$, $p'p''$, $p''s$. Les traits caractéristiques de la structure du spectre apparaissent dans l'ensemble formé par les quatre multiplets pp', dd', pd, $p'd'$ décrits dans les tableaux ci-dessus.

On remarquera que les rapports des intervalles $\frac{\Delta\nu_{12}}{\Delta\nu_{23}}$ sont conformes aux règles générales pour ce qui concerne les termes d et d', qu'ils s'en écartent de plus en plus quand on passe des termes p' aux termes p. C'est ce qui fait que les multiplets $p'd'$ et surtout pd ont une structure très différente de celle des triplets complexes des séries diffuses des spectres appartenant aux corps de la colonne II du Tableau périodique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de composés acétyléniques vrais à partir des dérivés magnésiens mixtes de l'acétylène.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Lorsque Jocitsch eut découvert le déplacement des groupes R dans les magnésiens RMgBr par un radical provenant de l'acétylène, il signala que le produit de cette action attaqué par le trioxyméthylène, ou par deux cétones, lui avait fourni non seulement des glycols, mais aussi une certaine quantité d'alcools acétyléniques vrais. Récemment Salkind est arrivé à un résultat analogue en utilisant l'acétophénone. D'après les chimistes russes, de tels faits seraient dus à la présence d'un dérivé monomagnésien

$$CH \equiv CMgBr$$

mêlé au dérivé dimagnésien. Ils indiquent même que le premier se formerait presque exclusivement si dans un mélange de magnésium et d'éther maintenu bouillant, traversé par un courant d'acétylène, on faisait tomber progressivement du bromure de phényle.

Sans émettre d'avis sur ce mode opératoire que je n'ai pas eu occasion d'essayer, je pense que la production de composés acétyléniques vrais dans les réactions magnésiennes doit être souvent attribuée à l'attaque d'une seule fonction d'un dérivé dimagnésien de l'acétylène. Et voici trois faits personnels qui militent en faveur de cette opinion :

1° Par addition de bromure d'éthyle on dissout à froid du magnésium dans de l'éther; ceci fait on envoie dans la solution de l'acétylène jusqu'à ce que la couche inférieure, qui apparaît au bout de quelque temps, ne semble plus augmenter. Ayant fait simultanément deux préparations de ce genre, dans la première on introduit une molécule d'aldéhyde chlorée par atome de magnésium dissous, dans la seconde une demi-molécule seulement. On abandonne quelques jours puis on ajoute de l'eau acidulée et l'on extrait à l'éther. Ce solvant chassé il reste dans le premier cas un brai ne donnant rien dans le vide de la trompe à eau avant 170°, température à laquelle il se produit une décomposition explosive. Ce brai est formé en grande partie [1] par le glycol $CH^2Cl.CHOH.C \equiv C.CHOH.CH^2Cl$.

Le résidu de la seconde opération n'est plus un brai, mais un goudron

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1924, p. 1367.

qui, par distillation dans le vide, fournit un liquide et un brai résiduel identique au précédent. Le liquide est l'alcool $CH \equiv C.CHOH.CH^2Cl$, bouillant à 60° sous 12^{mm}, de densité 1,171 et d'indice 1,475 à 21°, d'où une réfraction moléculaire 25,13 (théorie : 25,09); poids moléculaire par cryscopie acétique 106. Cet alcool précipite le nitrate d'argent alcoolique, et après dissolution dans l'eau le chlorure cuivreux ammoniacal.

En remplaçant l'aldéhyde chlorée par le chlorure d'acroléine on obtient d'une façon analogue l'alcool $CH \equiv C.CHOH.CHCl.CH^2Cl$, bouillant à 91° sous 12^{mm}, de densité 1,306 et d'indice 1,500 à 23°; d'où une réfraction moléculaire 34,45 (théorie : 34,64), précipitant les réactifs voulus. (Cet alcool distillé, il reste un brai d'où l'on peut extraire un corps cristallisable.)

2° L'éther chlorométhylique agissant sur une solution dans laquelle du bipropargyle est resté 48 heures en contact avec plus de deux molécules de bromure d'éthyle magnésium fournit à la fois l'éther diméthylique d'un glycol en C^8, et l'éther $CH \equiv C.(CH^2)^2.C \equiv C.CH^2OCH^3$. Ici l'éther chlorométhylique n'a pas manqué, mais la masse s'empâte vite, le contact devient rapidement défectueux et l'effet reste le même.

3° Dans l'action du magnésien mixte du bromure de pentaméthylène sur le propylène-2.3 dibromé il se fait une quantité notable du corps

$$CH^3.(CH^2)^5.CBr = CH^2 \ (^1)$$

et l'on ne saurait attribuer sa production à un dérivé monomagnésien du bromure de pentaméthylène, car ce dernier fournirait non le composé précédent, mais un autre plus bromé $CH^2Br.(CH^2)^5.CBr = CH^2$, qui n'a d'ailleurs pas été rencontré. (On a vérifié depuis que le bromure employé ne contient pas de bromure d'amyle.)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constante d'hydrolyse du sucre*. Note de M. **H. Colin** et de Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Jusqu'à ces dernières années, on admettait que la réaction d'hydrolyse du sucre par les acides étendus obéissait rigoureusement à la loi d'action de masse, autrement dit que le rapport de la vitesse d'hydrolyse à la quantité

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1565.

de saccharose non transformé était indépendant de la concentration en sucre, a.

Cependant, on (¹) avait déjà mis en doute l'exacte proportionnalité de la vitesse initiale au poids de saccharose. Tout récemment, cette objection vient d'être reprise : les auteurs anglais Moran et Lewis (²) estiment que le quotient $k = \frac{\frac{dx}{dt}}{a-x}$ croît du simple au double (de 1,21 à 2,30) lorsque a augmente de 1 à 70g pour 100, les conditions expérimentales étant les suivantes : $HCl = \frac{N}{10}$, température = 25°. Ils observent de plus que la constante d'hydrolyse ne varie plus sensiblement lorsqu'on la multiplie par le rapport $\frac{V-v}{V}$, V représentant le volume de la solution et v celui du saccharose dissous, ce qui revient à substituer à la concentration telle qu'on l'envisage habituellement l'activité, c'est-à-dire la concentration rapportée au volume d'eau libre.

Laissant de côté, pour l'instant, l'interprétation du phénomène, nous avons effectué un grand nombre de mesures en vue de déterminer l'influence de la teneur en sucre sur la vitesse d'hydrolyse, limitant, pour plus de sûreté, nos expériences aux concentrations comprises entre 5 et 40 pour 100. L'hydrolyse était suivie au polarimètre, l'inversion s'accomplissant dans le tube lui-même; la précision des mesures était sensiblement augmentée par l'emploi de la lumière verte de la lampe à mercure ($\lambda = 5461$) remplaçant la lumière jaune du sodium ($\lambda = 5890$). Il importait peu que la température changeât au cours de la réaction, du moment que les différentes solutions étaient placées dans des conditions rigoureusement identiques; la seule précaution indispensable, imposée par la présence du lévulose, était d'effectuer toutes les lectures à la même température. Dans l'expérience suivante, nous avons tout d'abord maintenu la température fixe (25°) — ne fût-ce que pour vérifier que, dans ces conditions, k reste constant pour chaque valeur de a — puis nous l'avons laissée descendre jusqu'à 22°. L'acide employé était SO^4H^2 environ décinormal.

(¹) Cohen, *Zeitschr. physik. Chem.*, t. **23**, 1897, p. 412.

(²) Th. Moran et W.-C. Mc Cullagh Lewis, *Journ. of Chem. Soc.*, t. **121**, 1922, p. 1613-1624.

$$k = \frac{1}{t} \operatorname{Log} \frac{a}{a-x}.$$

	Temps en heures.	$a = 5\,\%$.	$a = 10\,\%$.	$a = 20\,\%$.	$a = 40\,\%$.	$k_{40} - k_5$.
(*)	2,5......	0,0396	0,0422	0,0458	0,0524	0,0128
	5........	0,0395	0,0416	0,0454	0,0522	0,0127
	7,5......	0,0391	0,0418	0,0458	0,0519	0,0128
	10........	0,0393	0,0416	0,0455	0,0520	0,0127
	....	......	......	......	......	......
	32........	0,0321	0,0336	0,0374	0,0423	0,0102
	49........	0,0324	0,0342	0,0381	0,0430	0,0106
	62........	0,0326	0,0346	0,0390	0,0436	0,0110

(*) Température constante = 25°.

Il est donc parfaitement exact que la vitesse d'hydrolyse croît plus vite que la concentration du sucre; mais, tandis que les auteurs anglais trouvent, pour le rapport $\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$, la valeur 0,424, nous n'obtenons que 0,32 dans l'expérience précédente. Ils opéraient, il est vrai, avec HCl à $\frac{N}{10}$; ne serait-ce pas là l'origine des divergences entre leurs résultats et les nôtres? Pour nous en assurer, nous avons substitué à l'acide sulfurique d'autres acides, HCl, HBr, CCl^3COOH, COOH − COOH, HCOOH, CH^3COOH, et nous avons déterminé, pour chacun d'eux, la valeur du rapport $\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$. Voici les résultats :

	$\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$.
HCl........................	0,55
HCl + KCl................	0,46
HBr........................	0,47
CCl^3COOH................	0,33
SO^4H^2.....................	0,32
COOH − COOH............	0,20
HCOOH....................	0,17
CH^3COOH.................	0,00

L'accroissement de la vitesse d'hydrolyse avec la concentration du sucre dépend donc du catalyseur employé; le rapport $\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$ est d'autant plus faible que l'acide est moins dissocié. Il en résulte que l'interprétation de Moran et Lewis est dépourvue de portée générale. Le phénomène déjà si complexe de l'hydrolyse du sucre par les acides étendus se complique ainsi d'une difficulté nouvelle.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation des cristaux d'iodure d'ammonium par la muscovite.* Note de M. **Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

L'orientation des cristaux d'iodure d'ammonium sur une lame de clivage de muscovite a été signalée par M. Gaubert([1]), qui a observé une orientation identique à celle décrite précédemment par plusieurs auteurs dans le cas des halogénures de potassium. En reprenant les essais d'orientation de divers sels alcalins sur la muscovite, nous avons été conduit à faire quelques constatations nouvelles. L'iodure de rubidium, tout comme les iodures de potassium et d'ammonium, fournit également des accolements réguliers sur le mica.

Pour obtenir une orientation aussi complète que possible, nous opérons de la manière suivante : nous préparons une solution de sel concentrée à chaud ; ensuite nous étalons rapidement au moyen d'une baguette de verre une goutte de cette solution sur une lamelle fraîchement clivée de mica. Par suite de la différence de température entre la feuille de mica et la solution concentrée, on obtient une cristallisation presque instantanée dès que la solution entre en contact avec le mica. Tous les cristaux se forment au contact du mica et subissent son action orientante; on évite ainsi une précipitation partielle de cristaux dans la solution même au cours de l'évaporation. C'est ainsi que dans les cas des iodures de potassium, de rubidium et d'ammonium, corps pour lesquels le pouvoir orientant du mica est le plus grand, nous avons réalisé une orientation parfaite de la totalité des cristaux.

Contrairement aux indications de M. Mügge([2]) et de M. Gaubert([1]), les cristaux orientés que nous avons observés étaient toujours des cubes et non des octaèdres, comme on peut s'en rendre facilement compte en faisant croître des cristaux d'iodure d'ammonium ou de potassium orientés sur le mica. On obtient aisément des cristaux de 5^{mm} à 8^{mm} de grandeur ne montrant que le cube comme forme cristalline. Aussi bien sur le verre que sur le mica ces iodures cristallisent en cube; la nature du support est sans aucune influence sur la forme cristalline résultante; elle n'intervient que dans l'orientation de cette forme.

---

(1) Gaubert, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 856.

(2) Mügge, *Neues Jahrbuch für Mineral., Geol. u. Palæont.*, Blg. Bd 16, 1903, p. 369.

Ces cubes sont orientés de telle manière qu'un de leurs axes ternaires est normal à la lame de mica et que les trois diagonales des faces du cube parallèles à cette lame sont parallèles aux trois branches des figures de choc. Ils apparaissent donc sur le mica, surtout quand ils sont petits, en forme de triangles; l'un des côtés de ces triangles étant parallèle à la trace du plan de symétrie g^1 (010) du mica. En plaçant cette trace de g^1 parallèlement au fil horizontal du réticule, l'orientation des cristaux donne lieu à deux figures triangulaires possibles; deux sommets des triangles seront dans les deux cas toujours sur une ligne parallèle au fil horizontal; le troisième sommet sera tantôt dirigé vers le haut, tantôt vers le bas. On observe indifféremment ces deux positions en proportion quelconque avec l'iodure de potassium. Avec l'iodure de rubidium il peut y avoir une prédominance marquée pour l'une de ces deux orientations possibles.

Dans le cas de l'iodure d'ammonium on arrive à une orientation tout à fait sélective; tous les triangles ont sans exception leur troisième sommet dirigé uniquement vers le haut ou uniquement vers le bas. Seule une lame fraîchement clivée absolument propre fournit une orientation unique de tous les cristaux. En recommençant l'expérience sur une lame qui a déjà servi une fois, on retrouve la même orientation que dans le premier cas, mais le phénomène n'est plus aussi exclusif que sur une lamelle fraîche. Ce fait que sur une lame on observe uniquement une seule des deux orientations possibles est incompatible avec l'existence du prétendu plan de symétrie g^1 (010) du mica et de l'axe de symétrie perpendiculaire à g^1.

En réalisant par des clivages successifs une sorte d'escalier à plusieurs marches sur une lame de mica on observe, quant à l'orientation des cristaux sur les marches successives, deux cas; tantôt l'orientation est la même sur les deux marches, tantôt elle y est différente, et les triangles de l'une sont tournés de 180° par rapport à ceux de l'autre. On est donc amené à conclure que la muscovite, réellement anorthique, se compose d'un empilement de lamelles de deux sortes, tournées de 180° les unes par rapport aux autres autour de la normale à g^1 ou, ce qui revient au même, symétriques les unes des autres par rapport à g^1.

En résumé, cette étude expérimentale nous conduit à admettre comme seul élément de symétrie dans la muscovite un centre de symétrie, et à la considérer comme formée par un empilement de lamelles p finement maclées entre elles par rotation de 180° autour d'une droite perpendiculaire au plan g^1.

La muscovite est donc anorthique et n'acquiert que par suite de macles répétées une symétrie d'ensemble monoclinique.

Les figures de corrosion que nous avons obtenues avec les dissolvants les plus divers et dans des conditions variées feraient toujours conclure à une symétrie monoclinique vraie. Nous possédons donc dans l'étude des accolements réguliers un moyen d'investigation qui dans certains cas peut être plus sensible que celui fourni par d'autres propriétés physiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la région granitique de Millevache.* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

La région qui fait l'objet de cette Note forme comme une enclave, ou une fenêtre, entre les schistes cristallins acides et basiques du Limousin et les granites à biotite de la Creuse. Elle est comprise entre la fracture d'Argentat et une autre ligne de fracture, moins accusée au sud de Felletin (jalonnée par les bassins houillers de Saint-Michel-de-Vaisse et de Lapleau), qui la sépare du massif des granites de Guéret, et des gneiss à cordiérite d'Aubusson, encerclant ces granites ([1]).

Le Verrier, qui a étudié, sur la feuille de Limoges, la région en question, l'a considérée comme occupée par un granite fondamental, à grands cristaux de feldspath se détachant sur un magma riche en mica noir, granite auquel seraient superposées sur les hauteurs, des granulites qui en forment la croûte ou le couronnement. M. De Launay, qui a eu affaire au même granite sur les feuilles de Guéret, d'Aubusson et d'Ussel, remarquant que ce terrain comprend des enclaves schisteuses, le considère comme provenant de la pénétration incomplète d'une granulite dans un terrain schisteux, d'où la notation $\gamma, \varkappa$ qui est attribuée au terrain plutôt qu'à la roche. C'est d'ailleurs la granulite qui occupe le niveau le plus élevé de la région, niveau connu sous le nom de *Plateau de Millevache, stricto sensu.*

D'après mes récentes explorations, la région ici considérée ne possède pas une véritable unité géologique et se compose de terrains de divers âges. *Elle se divise en deux massifs entièrement distincts, appartenant à des*

([1]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 1822; t. 169, 1919, p. 980; t. 174, 1922, p. 553; t. 179, 1924, p. 1176. — Voir aussi *Bull. Serv. de la Carte géol.* n^{os} 10, 72, 140, 143, 146 et 151.

formations différentes, et n'ayant entre elles d'autre rapport que celui d'une simple juxtaposition amenée par des mouvements de l'écorce terrestre. Quant aux granulites, elles datent d'au moins deux époques, et loin de constituer des nappes ou une enveloppe extérieure de la masse granitique fondamentale, elles se sont développées à l'intérieur de cette masse déjà consolidée. Leur mise au jour ne résulte donc que du phénomène de la dénudation, mais nullement d'un fait de superposition.

Le massif occidental n'est autre que la *chaîne granulitique de Corrèze*, sans traces de granite à grands cristaux, et qui, large d'environ 10^{km}, s'étend du nord-nord-ouest au sud-sud-est, sur une longueur de 125^{km}, entre Saint-Junien-la-Brégère (Creuse) et Maurs (Cantal). Elle est composée comme sa sœur, la chaîne granulitique du Limousin, uniquement de granites à grain moyen, parfois gneissiques, souvent très riches en mica blanc (granulite) et passant par places à des granites à deux micas, surtout dans la région d'Eymoutiers, ou même à des granites à mica noir, d'un type différent de celui, moins acide, des granites de Guéret. La montagne des Monédières, dans la région de Treignac, appartient à cette chaîne.

Le massif oriental, que j'ai déjà nommé le *Massif de Millevache*, parce qu'il porte, dans ses hautes altitudes (850 à 950^{m}), le Plateau de Millevache, est constitué par un granite ancien, souvent à gros grain, riche en mica noir et presque toujours chargé de grands cristaux de feldspath, parfois régulièrement alignés. Il a été d'abord signalé et décrit par Fouqué sur la feuille de Mauriac. C'est ce granite qui, en raison de fréquentes inclusions schisteuses, sur l'origine desquelles je ne puis encore me prononcer, a été décrit et figuré par M. De Launay comme provenant de la granulitisation incomplète de schistes anciens.

Le massif de ces granites porphyroïdes se sépare très nettement de la chaîne granulitique corrézienne, et Mallard, sur son excellente carte de la Haute-Vienne, avait déjà amorcé exactement cette séparation entre Saint-Junien-la-Brégère et Neddes. *La limite des deux formations a les caractères d'une ligne de fracture.* De direction régulière, presque rectiligne, elle est à peu près parallèle à la ligne de fracture d'Argentat.

Elle occupe ainsi, par rapport au méridien, une position symétrique de celle du grand chenal houiller. Elle est jalonnée, au sud de Viam (Corrèze), par une mince couche schisteuse, dans laquelle j'ai recueilli, en différents points, des échantillons de roches écrasées, et qui se relie vers le Sud au massif schisteux du canton de Lapleau. J'ai suivi la limite en question depuis les

environs de Saint-Junien-la-Brégère, où elle se détache de la fracture d'Argentat, jusqu'au grand filon de quartz qui la jalonne près d'Auriac (Corrèze). Elle se poursuit, sans doute plus loin, pour aboutir au grand chenal houiller, vers la Roquebrou (Cantal).

Le granite porphyroïde fondamental ne constitue pas, actuellement, la totalité du Massif de Millevache. Il a été envahi sur une grande étendue par la granulite, ainsi qu'il résulte des études de M. De Launay sur les feuilles d'Aubusson et d'Ussel. Cette granulite, qui occupe une partie du Plateau de Millevache, s'étend aussi, d'après nos propres explorations, sur la feuille de Mauriac ([1]), où elle a été méconnue par Fouqué. Au sud de Murat, sur 10^{km}, elle longe la chaîne corrézienne dont elle reste cependant séparée par une mince épaisseur de schistes et de granite porphyroïde. De Saint-Hilaire, près Pontarion, à sa limite extrême au Sud-Est (Darnet, près Égletons), sa longueur est de 70^{km}.

Des granulites ont aussi envahi en partie, sur la feuille de Limoges, le granite porphyroïde fondamental. Ce sont ces granulites que Le Verrier a assimilées plus spécialement à une enveloppe extérieure du granite. Or, ainsi qu'il est facile de le constater, en remontant, par exemple, la vallée de la Vienne au delà de Neddes, la granulite, au lieu de former des nappes couronnant les faîtes, constitue de petites chaînes très saillantes, orientées nord-sud, et qui se suivent sur de grandes longueurs, sans aucune discontinuité. Ce sont, en réalité, des sortes de grands filons, de 3 à 4^{km} d'épaisseur, développés aux dépens du granite, et se poursuivant en profondeur.

Les chaînes en question sont au nombre de trois. L'une d'elles est isolée et s'allonge de Royère jusque près de Pontarion. Les deux autres se rattachent à la chaîne corrézienne, en ce sens qu'elles y pénètrent, en interrompant la limite, si régulière, de cette chaîne, et du granite porphyroïde. Bien que je n'ai pas eu le temps de poursuivre les chaînes secondaires dans l'intérieur de la chaîne corrézienne, je n'hésite pas à croire qu'elle sont de formations plus récentes que cette dernière chaîne. Il existe aussi un chaînon transversal, constitué par cette granulite récente, chaînon situé au sud de Rempnat (Haute-Vienne); il occupe le faîte élevé qui sépare le bassin de la Vienne de celui de la Corrèze, et il unit, en apparence, la granulite corrézienne à celle du Plateau de Millevache.

Telle est la structure de la région comprise entre les deux grandes lignes

---

([1]) Elle figure aussi sur la carte au $\frac{1}{100\,000}$, deuxième édition.

de fracture qui se réunissent au Nord, à Janaillat [1], région divisée elle-même par une troisième ligne en deux compartiments, l'un prolongeant au Nord la granulite corrézienne, l'autre formant un massif de granite porphyroïde envahi en partie par des granulites récentes, le Massif de Millevache.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'audition des ondes d'explosion à grande distance.* Note [2] de M. **Maurice Collignon**, présentée par M. Bigourdan.

Au cours des expériences de la Courtine, en mai 1924, MM. Deslandres, Perot et leurs collaborateurs à Meudon, et M. Dufour à Paris, ont enregistré des ondes dont la période était de l'ordre une seconde [3]. M. Dufour envisage la formation de l'onde audible au sein de l'infrà-son. C'est cette hypothèse que j'ai essayé de vérifier pendant la guerre à la suite d'un article suggestif de M. Bigourdan [4] et de l'observation suivante qui me surprit profondément :

Le 9 juillet 1916, à $3^h 35^m$, ayant quitté Louviers, à 25^m d'altitude, une zone de très forte audition, j'entrai dans une zone de silence absolu à $3^h 45^m$, à 2200^m Nord de Louviers et à 31^m d'altitude par très beau temps, vent SW nul et nébulosité nulle. Je parcourus, vers le front, 45^{km} au NE, en vallée et sur le vaste plateau du Vexin; cette zone de silence persista jusqu'au soir, sauf entre 15 et 16^h dans une haute futaie. Beau temps et léger vent SW. Pendant toute la journée on entendit fortement le canon à Louviers.

Comme suite à l'hypothèse ci-dessus, si l'on entend seulement les harmoniques de l'onde fondamentale, c'est dans des conditions très complexes dont voici un aperçu :

La *périodicité annuelle* de l'audition que je constatai de 1915 à 1918 à Louviers, à 120^{km} minimum du front et qui a fait l'objet de deux Notes antérieures [5] est la caractéristique la plus importante du phénomène.

Il s'y ajoute une *périodicité journalière* qui consiste dans le renforcement souvent très grand de l'audition pendant les 21^e et 22^e heures, dans la

---

(1) *Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 1176.
(2) Séance du 1er décembre 1924.
(3) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 1741 et 1864.
(4) *Science et Vie*, n° **28**, septembre 1916, p. 214.
(5) *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 333, et t. **172**, 1921, p. 213.

limite de mes observations forcément discontinues. J'ai rarement observé de 23^h à 4^h.

Une autre périodicité, à laquelle il est fait allusion dans ma Note de 1921, consiste en une *résonance rythmique* en fonction du temps et aussi le plus souvent de l'intensité; elle durait tantôt quelques minutes, tantôt quelques heures, tantôt deux ou trois jours; elle variait considérablement suivant le lieu d'observation.

L'audition m'a paru diminuer et souvent la longueur d'onde augmenter quand la hauteur au-dessus du sol augmentait elle-même. J'ai fait de nombreuses comparaisons en 1917 et 1918, notamment à 1^m, à 15^m et à 32^m au-dessus du sol de la vallée. La moyenne des rapports $\frac{\text{audit. } 1^m}{\text{audit. } 32^m}$, en 1917, fut 16,3 pour $\frac{N}{N'}$ (N, moyenne-minute du nombre des détonations) et 54 pour $\frac{I}{I'}$ (I moyenne-minutes des intensités). En 1918, moyennes $\frac{N'}{N} = 4,4$ et $\frac{I'}{I} = 8,7$. Des moyennes semblables calculées à 15^m de hauteur donnent $\frac{N}{N'} = 78$ en 1917 et 46 en 1918; $\frac{I}{I'} = 239$ en 1917 et 99 en 1918.

Le rapport $\frac{\text{audit. } 1^m}{\text{audit. } 32^m}$ doit être soumis à une correction en raison d'un phénomène de réflexion et de résonance au point (1^m), phénomène qui multiplia N 6,9 fois et I 8,05 fois en 1917. Je n'ai pas les chiffres de 1918. Pour le rapport $\frac{\text{audit. } 1^m}{\text{audit. } 15^m}$, une seconde correction doit être faite par suite d'une antirésonance particulière au point (15^m). Cette antirésonance diminuait le son par l'effet de la discordance entre les dimensions des perturbations audibles et celle de l'ouverture dans laquelle j'observais sans obstacle interposé. La correction applicable à toute ouverture, telle qu'une fenêtre, fut de l'ordre $\frac{N}{16\,N'}$ et $\frac{I}{23\,I'}$ pour 1917.

L'audition se trouve compliquée si l'on fait intervenir une troisième valeur Γ, *hauteur du son* évaluée à l'oreille. Γ varia par rapport à I suivant le jour et l'heure, suivant le lieu d'observation et son ambiance, vraisemblablement aussi suivant l'intensité de la canonnade. En faisant par convention $\Gamma = I$ pour un point type d'observation j'eus $\Gamma > I$ dans l'embrasure d'une fenêtre et $\Gamma \gtrless I$ à 15^m, à 29^m et à 32^m au-dessus du sol de la vallée suivant diverses considérations dans lesquelles il serait trop long d'entrer ici.

Autre modalité du phénomène sensible : en 1917 et 1918, l'audition

diminua ou fut annulée en général à proximité des orages, même sans vent et sans pluie. Je n'ai pu faire d'observations pendant les orages forts ou très proches, le roulement ininterrompu du tonnerre couvrant les détonations. Voici pour 1917 et 1918, du 1er mai au 31 juillet, d'après le graphique de plus de 300000 détonations, les moyennes-minute N et I :

1° Par vents quelconques;

2° Par vents du secteur de 180° allant de l'Est au Sud et à l'Ouest;

3° En temps d'orage avec roulements de tonnerre, par vents du même secteur de 180° (J, nombre de jours; M, nombre de minutes d'observation).

	Par vents quelconques.				Par vents de E à S à W.				Orages de E à S à W.			
	J.	M.	N.	I.	J.	M.	N.	I.	J.	M.	N.	I.
1917......	92	3.194′05″	37,21	89,55	77	2.466′01″	36,47	86,36	13	379′41″	24,51	54,25
1918......	92	4.798′50″	57,07	102,80	59	2.711′55″	56,71	108,23	5	186′20″	23,67	24,83
1917-1918..	184	7.992′55″	42,62	93,16	136	5.177′56″	42	92,32	18	565′31″	24,28	46,07

Le vent contraire le plus fort n'est pas un obstacle absolu à l'audition : exemple, la violente tempête SW des 27-28 août 1917 au déclin de la période annuelle d'audition, huit jours avant le retour du mystérieux silence.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les formations d'Hatteras.* Note (1) de MM. **M. Coyecque** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. *Les faits* (2). — La région au large du cap Hatteras (U. S.) est une zone privilégiée de naissance de perturbations atmosphériques. Un faible noyau de tendances négatives apparaît, d'abord à peu près stationnaire. Il croît, lié à un A.-St. puissant. Enfin l'« Hatteras », constituée isobariquement, se met en marche lentement vers le Nord-Est, n'atteignant une vitesse normale que vers Nantucket; vers Terre-Neuve elle s'infléchit nettement vers l'Est prenant rang dans la série des « Polaires » (dépression du front polaire proprement dit), soit en se confondant avec l'une d'elles, soit en conservant son individualité. Les « Hatteras » atteignent presque toutes l'Europe, et parfois assez bas en latitude. Elles sont souvent assez profondes pour donner dans les eaux américaines, entre Hatteras et Terre-Neuve, des tempêtes de Nord-Est à Nord-Ouest. La tempête liée à l' « Hatteras » peut traverser tout l'Atlantique (exemple 8 janvier 1924).

(1) Séance du 15 décembre 1924.

(2) Observations faites à bord du *Jacques-Cartier*.

La fréquence des « Hatteras » est de l'ordre de 20 par an. Leur formation est à peu près localisée dans la saison froide. Elle comporte toujours la descente, de Nord ou de Nord-Ouest, à travers le continent, d'un fort noyau de hausse formant anticyclone fermé. La perturbation apparaît au contact du courant chaud de Sud-Ouest dirigé par l'anticyclone Atlantique et du courant froid du secteur Est commandé par l'anticyclone mobile.

Le processus peut être un peu différent, la baisse *très faible* (parfois dépourvue de système nuageux) venant lentement de l'Ouest pour se développer brusquement vers Hatteras.

Au même noyau de hausse correspond quelquefois une deuxième formation d' « Hatteras » et même, exceptionnellement, une troisième, de profondeurs décroissantes.

II. *Interprétation.* — Le fort noyau de hausse, essentiel, représente une *invasion d'air polaire* (¹) et la formation est due à son contraste de température avec l'air tropical très chaud au-dessus du Gulf-Stream ; d'où la localisation géographique. Mais l'été, l'air polaire s'échauffe sur le continent; d'où la localisation saisonnière.

Deux types de formation sont à distinguer :

a. L' « Hatteras » se forme aux dépens de la perturbation mère (cas du 19 avril 1922) qui disparaît (²); ces « Hatteras » sont caractérisées par la présence, dans le secteur Nord, d'une ligne de discontinuité très nette (front double résiduel à caractère de front froid), séparant les deux noyaux polaires de la perturbation mère — l'air polaire d'Est de retour, tiède, de l'air polaire de Nord-Ouest nouveau, très froid.

b. La perturbation-mère subsiste — formation « en vague » (cas du 17 janvier 1922). Le secteur Nord de l'Hatteras est alors constitué par une masse homogène d'air froid. Ce processus — le plus fréquent, surtout en hiver — exige l'intervention d'une invasion d'air polaire puissante (fin de « famille ») (²). C'est en ce cas que peuvent se produire plusieurs « Hatteras » successives. Si l'invasion est assez puissante, elle peut même continuer sa marche vers le Sud et former (en automne ou au printemps) une « Antillaise ».

La « jeunesse » des « Hatteras » explique leur persistance à travers

---

(¹) Cf. J. Bjerknès et H. Solberg, *L'évolution des cyclones* (*Mémorial de l'Office national météorologique*, n° 6, 1924, p. 95 et suiv.).

(²) J. Bjerknès et H. Solberg, *loc. cit.*, p. 91 et suivantes.

l'Atlantique. Nées en fin de famille leur trajectoire est en principe plus méridionale que celle des cyclones précédents et elles peuvent aborder l'Europe à basse latitude (si l'anticyclone des Açores, remonté vers le Nord-Est, ne les rejette pas vers l'Islande). Toutefois, si elles s'unissent à une « Polaire » c'est nécessairement avec l'une des premières de la famille suivante, donc à latitude assez élevée.

Dans le cas où la faible baisse originelle vient de l'Ouest, elle semble provenir soit d'un pseudo-front californien homologue (l'anticyclone Pacifique substitué à l'anticyclone Atlantique) du pseudo-front méditerranéen ([1]), soit d'une branche méridionale du front polaire Pacifique, qui se dédouble en abordant un faible anticyclone continental.

III. *Contribution à la météorologie dynamique générale.* — Le premier type d'« Hatteras » est à rapprocher des formations de Gênes. Mais dans le cas des « Gênoises », c'est seulement l'étranglement du secteur chaud [séclusion ([2])] qui est favorisé par la chaîne alpine; dans le cas des « Hatteras » c'est la « racine » tropicale de la perturbation-mère étranglée qui se renforce sous l'effet du contraste de température. *Quoi qu'il en soit la prédilection du phénomène de la régénération pour des régions déterminées est confirmée.*

Le deuxième type est à rapprocher du pseudo-front méditerranéen; mais en Amérique, la masse d'air polaire effectuant un parcours continental, c'est l'hiver que sa basse température se conserve le mieux; au Maroc c'est l'été qui est favorable, le parcours étant océanique. De plus en Amérique, en l'absence de centre d'action, l'intervention éphémère de l'anticyclone mobile ne peut donner naissance qu'à des perturbations isolées; tandis que, dans l'Atlantique Est, l'invasion polaire rafraîchit un grand massif anticyclonique, le long duquel peut fonctionner un régime durable. De toute façon, *le recrutement du front polaire par le mécanisme de la formation « en vague » s'opère de préférence en des régions déterminées à privilège saisonnier.*

Vu le parallélisme des grands courants chauds et froids dans le Pacifique Ouest et l'Atlantique Ouest il n'est pas impossible qu'une partie des « Polaires » d'Amérique, prenne naissance dans les eaux japonaises par un mécanisme analogue à celui des « Hatteras ».

Les « Hatteras » peuvent s'unir soit avec la « Polaire » qui vient immé-

---

([1]) Cf. PH. SCHERESCHEWSKY et PH. WEHRLÉ, *Les pseudo-fronts polaires* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1185).

([2]) *Loc. cit.*, p. 1618.

diatement après leur perturbation mère, soit même avec la suivante. Elles montrent : 1° *l'interférence de dépressions bien constituées et profondes;* 2° *qu'une formation « en vague » peut s'unir à une perturbation de la « famille » suivante.*

BOTANIQUE. — *Le développement de l'anthère et du pollen chez les Gentianes.* Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. L. Guignard.

Les nombreux travaux relatifs au développement de l'anthère et du pollen ont établi qu'à la suite d'une série de cloisonnements fournissant la paroi de l'anthère, les cellules mères primordiales situées au-dessous se divisent plus ou moins pour donner, dans chacun des sacs polliniques, un nombre variable de cellules mères définitives du pollen, disposées soit en massif, soit en un arc d'une ou deux assises. Parfois même, chez les Malvacées, par exemple, ces cellules forment une seule file continue et, en section transversale, chaque sac pollinique n'offre qu'une unique cellule mère définitive. Dans tous les cas, les cellules mères polliniques sont, dans leur ensemble, entourées d'une rangée de cellules nettement différenciées, pourvues le plus souvent de deux, quelquefois d'un plus grand nombre de noyaux, et désignée sous le nom d'*assise nourricière*.

Chez les Gentianes, les phénomènes se déroulent, à l'intérieur du sac pollinique, d'une façon tout à fait différente, en ce sens qu'il ne se forme pas, à proprement parler, d'assise nourricière, et que les cellules mères polliniques se montrent, dans ce sac, isolées ou par groupes, environnées de cellules stériles, parfois disposées en réseau et constituant un véritable *tissu nourricier* (¹).

Chez le *Gentiana germanica* Willd., les premières cellules mères primordiales qui, aux quatre angles du mamelon staminal, se différencient à la suite du premier cloisonnement de l'assise sous-épidermique, ne constituent pas, au moins à certains niveaux, une assise continue, mais se trouvent séparées par de simples cellules de parenchyme (²). Ces cellules mères primordiales, en général peu nombreuses à l'origine, ne se multiplient guère dans la suite. Lorsque l'anthère a acquis sa paroi définitive (trois

---

(¹) Cette particularité ne comporte, jusqu'ici, que peu d'exemples. Elle a été observée par Campbell chez certaines Naïadacées (*Annals of Botany*, t. **12**, 1898, p. 9-10), et J. Bonnet la signale chez les Onagrariacées, les *Viscum*, *Rhizophora*, etc. (*Archiv für Zellforschung*, t. **7**, 1911-1912, p. 617).

(²) Ces cellules rappellent les trabécules stériles du sporange d'*Isoetes lacustris*.

à quatre assises de cellules), on peut les voir, sur certaines coupes transversales, alternant, en séries radiales, avec des files de cellules stériles.

A un stade plus avancé, correspondant à la phase synapsis des cellules mères définitive du pollen, ces dernières se montrent plus ou moins éparses au milieu de cellules qui, au moment de la formation des grains de pollen (*fig.* 1), présentent d'assez grandes dimensions et d'abondantes vacuoles.

On voit qu'il n'y a pas, chez le *G. germanica* Willd., d'assise nourricière différenciée; les cellules mères polliniques se trouvent dispersées dans un tissu de cellules toujours uninucléées dont le contenu, de nature albuminoïde, sert à la nutrition des grains de pollen.

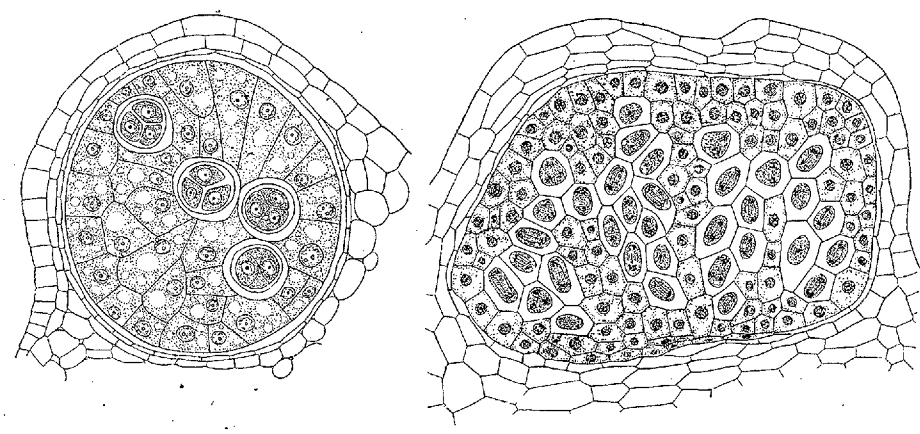


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — *Coupe transversale d'un sac pollinique de* Gentiana germanica. Les cellules mères définitives, qui ont donné naissance chacune à quatre cellules polliniques, se trouvent éparses, au nombre de quatre, dans un abondant tissu nourricier. Gr. : 360.

Fig. 2. — *Coupe transversale d'un sac pollinique de* Gentiana lutea. Les cellules mères définitives du pollen, en voie de division, sont entourées de très nombreuses cellules stériles qui constitueront dans la suite, pour les grains de pollen, un tissu de nutrition. Gr. : 230.

Dans le *G. lutea* L., les cellules mères définitives du pollen, très nombreuses, se trouvent disposées en séries radiales plus ou moins régulières, que séparent des rangées de petites cellules demeurées stériles et toujours pourvues d'un seul noyau (*fig.* 2). Ce sont ces dernières qui concourent à la formation du tissu nourricier, en même temps que celles provenant d'un dédoublement, en sens tangentiel, des cellules avoisinant la paroi de l'anthère. Ce tissu est, en définitive, très abondant et forme une sorte de réseau dans les mailles duquel sont plongées les tétrades polliniques.

Les phénomènes s'accomplissent de la même façon chez les *G. angustifolia* Vill., *G. Kochiana* Perr. et S., et *G. punctata* L.

Les cellules mères polliniques du *G. Pneumonanthe* L. se trouvent plus ou moins séparées les unes des autres par de longues et étroites cellules, isolées ou en files qui, partant de la périphérie du sac pollinique, pénètrent à son intérieur, parfois très profondément, de façon à constituer également un tissu de nutrition.

Chez les *G. asclepiadea* L., *G. cruciata* L. et *G. verna* L., des cellules stériles

isolent aussi plus ou moins les cellules mères définitives du pollen, en jouant, comme dans les cas précédents, un rôle nourricier.

Des espèces asiatiques, *G. dschungarica* Regel, *G. thibetica* King., *G. septemfida* Pall., nous ont fourni des résultats tout à fait analogues.

En résumé, les Gentianes présentent, dans le mode de développement de leurs sacs polliniques, une particularité dont les Angiospermes n'avaient offert, jusqu'alors, que fort peu d'exemples et qui consistent en la formation d'un tissu stérile, parfois très abondant, à l'intérieur duquel se trouvent plus ou moins éparses les cellules mères définitives du pollen. De forme et d'aspect variables, suivant les espèces, les cellules de ce tissu constituent, dans l'ensemble, un tissu de nutrition capable, en effet, de suppléer très avantageusement, chez les plantes en question, à l'absence d'une assise nourricière différenciée.

Des recherches en cours montreront que, chez d'autres Gentianacées, le développement des sacs polliniques s'accomplit d'une façon différente de celle qui vient d'être décrite.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la valeur nutritive de l'Escargot* (Helix pomatia *L.*). Note [1] de M. L. **Léger**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les recherches de Balland sur la valeur alimentaire des Mollusques comestibles [2] nous apprennent que la chair de l'*Helix pomatia*, Escargot le plus apprécié et consommé le plus couramment, considérée en totalité, renferme, à l'état frais, de 10 à 16 pour 100 de matières azotées, de 0,72 à 1,08 pour 100 de matières grasses, 2 à 2,6 pour 100 de matières extractives et 1,5 pour 100 de matières minérales; mais cet auteur n'a pas isolé des matières extractives le glycogène et les sucres réducteurs, de sorte qu'il nous laisse ignorer où ces substances importantes sont localisées.

Cette étude mérite donc d'être reprise avec plus de précision et cela d'autant mieux qu'aujourd'hui, par un usage culinaire qui semble récent, l'Escargot préparé pour la consommation est réduit au pied et à la partie antérieure du corps, tandis que le foie volumineux et les organes y attenant sont éliminés.

---

(1) Séance du 15 décembre 1924.

(2) R. Balland, *Les aliments : analyse et valeur alimentaire*, t. 2, 1907, p. 233. Ballière, Paris, 1907.

Pour avoir une notion exacte et pratique de la valeur alimentaire de ce Mollusque, il importe donc d'étudier séparément et comparativement la composition de la partie consommée et de la partie rejetée. En réalité, la partie consommée, telle qu'on la trouve habituellement dans les Escargots tout préparés pour l'alimentation, comprend le pied très développé, la tête avec sa mâchoire et sa radula, l'estomac, le rectum, l'oviducte, l'appareil copulateur et la voûte pulmonaire, toutes parties coriaces et fibreuses; tandis que la portion qui en a été éliminée, désignée communément sous le nom de tortillon, correspond au foie qui en constitue la majeure partie, et aux glandes génitale et albumineuse, organes tendres et de digestion facile.

Nos recherches ont porté sur 14 *Helix pomatia* en fin d'hivernage, encore munis de leur épiphragme et d'un poids total, la coquille étant enlevée, de 121^g, dont 87^g correspondant à la partie consommée que, pour simplifier, nous désignons dans notre analyse sous la rubrique « Pieds », et 34^g de partie rejetée, désignée ci-dessous sous la rubrique « Foies ». Le tableau suivant résume le résultat de nos analyses effectuées en collaboration avec M. Rouillard, directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Grenoble :

	Foies.		Pieds.	
Dosages.	Produit humide pour 100.	Produit sec pour 100.	Produit humide pour 100.	Produit sec pour 100.
Humidité à 100°-110°	72,64	"	80,16	"
Matières azotées	17,31	63,25	15,87	79,98
Matières grasses (extrait éthéré)	1,78	6,50	0,42	2,12
Matières extractives (1)	5,98	21,88	1,91	9,63
Matières minérales	2,29	8,37	1,64	8,27
Total	100	100	100	100
(1) Dont :				
Sucres réducteurs en sucre interverti	0,75	2,74	"	"
Glycogène (Méthode Frankel-Garnier)	0,842	3,07	"	"

On voit d'après ces résultats que le glycogène se rencontre encore en notable quantité dans le foie de l'*Helix* à la fin de l'hivernage. Or, d'après Barfurth, cette substance disparaît du foie du Mollusque après trois semaines d'inanition. Cette différence peut s'expliquer si l'on admet que Barfurth a opéré sur des *Helix* ayant jeûné au cours de la vie active, le glycogène étant alors entièrement utilisé pour l'activité vitale et le manque d'alimentation ne permettant pas au foie de le remplacer. Il n'en est pas de même dans le

jeûne hivernal où la vie active étant supprimée, la réserve glycogénique reste accumulée dans le foie pour être sans doute utilisée au réveil.

Au point de vue pratique, ces résultats montrent en outre que glycogène, sucres réducteurs et presque toutes les matières grasses sont contenus dans la partie que l'on rejette pour la consommation. Or, le glycogène, dont la présence dans le foie des Mollusques est connue depuis Claude Bernard, représente avec les sucres et les matières grasses, les éléments essentiels auxquels les autres Mollusques alimentaires comme les Huîtres, les Praires (*Venus*), les Moules, etc., doivent en grande partie leur valeur nutritive et leur facile digestibilité, leur saveur étant surtout donnée par le foie et les glandes génitales. Il en résulte qu'en supprimant le tortillon de l'Escargot, on enlève la plus grande partie de sa substance nutritive et précisément la plus digestible et la plus savoureuse. D'autre part, nous savons par expérience que le foie de l'Escargot, souvent fort parfumé selon la nourriture du Mollusque, comme l'avaient remarqué les Romains, n'est nullement toxique. Aucune des recettes culinaires anciennes ne mentionne que le foie doit être rejeté et dans nos campagnes, où ce Mollusque est fort en honneur, on regarde avec raison le tortillon comme la partie la plus succulente. Il devait en être de même aux temps préhistoriques chez les peuplades hélicophages qui, du Maroc à la Tunisie, ont laissé d'énormes amoncellements de coquilles d'Hélix [1]. Dans les escargotières de Tebessa, d'après Coutil (XIVe Congrès d'Archéologie, Genève, 1913), 90 pour 100 des coquilles montrent un trou circulaire à la deuxième spire près du centre, fait avec un poinçon en os et, sans nul doute, destiné à faciliter l'extraction *in toto* de l'animal en libérant le muscle columellaire.

Ce n'est donc pas une question de toxicité qui fait rejeter actuellement la portion terminale de l'Hélix. Il faut plutôt en rechercher la raison dans la difficulté de l'extirper, jointe à l'idée fausse mais très répandue, que le tortillon contient les résidus alimentaires, alors qu'en réalité, de par leur position anatomique, l'estomac et le rectum qui les renferment quand l'animal n'a pas jeûné, se trouvent précisément dans la partie que l'on consomme. Et ceci nous montre une fois de plus que l'Escargot, amputé ou non, ne doit être consommé que lorsqu'il a subi un jeûne d'au moins 15 jours.

Conclusion. — Dans l'*Helix pomatia* à l'état de sommeil hivernal, plus de 80 pour 100 des matières grasses, tout le glycogène et les sucres réducteurs

---

[1] Debruge, *La Préhistoire dans la commune de Belezna*, p. 17 (Librairie Draham, Constantine, 1923). L'escargotière de Mechta el Arbi est de l'Aurignacien ancien.

sont localisés dans le foie. En rejetant cet organe pour la consommation, on enlève au Mollusque la plus grande partie de sa valeur nutritive, sa saveur et sa digestibilité. Il y a donc un intérêt à la fois économique, physiologique et même gastronomique à consommer l'Escargot *in toto*, comme le faisaient nos ancêtres et comme le font encore aujourd'hui les véritables mais rares amateurs de ce mets original.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une malformation intersexuelle chez le Cobaye.* Note (¹) de M. ALEXANDRE LIPSCHÜTZ, présentée par M. Charles Richet.

Chez le Cobaye, dans le cul-de-sac du corps caverneux uréthral du pénis, il se trouve des cornes épidermiques qui ont chez l'animal adulte une longueur d'environ 5^{mm} (*fig.* 1). Ce caractère sexuel est sous la dépendance

Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Cornes épidermiques dans le cul-de-sac du pénis chez un Cobaye normal de 790^{g} Grandeur : 1,5.

Fig. 2. — Cornes épidermiques dans le cul-de-sac du pénis chez un Cobaye de 620^{g} châtré il y a 3 mois à un poids de 620^{g}. Grandeur : 1,5. Réduction très considérable des cornes en longueur et en épaisseur. La muqueuse du cul-de-sac est lisse, tandis que des denticules épidermiques se trouvent sur la muqueuse chez l'animal (voir *fig.* 1).

des hormones testiculaires; les cornes épidermiques diminuent considérablement en longueur et peuvent même disparaître après la castration (*fig.* 2). La corne coupée repousse si un testicule ou un fragment testiculaire a été conservé (²).

Sur une Cobaye femelle masculinisée par une greffe testiculaire (expérience de Steinach), j'ai constaté (³) que les corps caverneux du clitoris

(¹) Séance du 3 novembre 1924.

(²) LIPSCHÜTZ, *C. R. Soc. de Biol.*, t. 90, 1924, p. 274.

(³) LIPSCHÜTZ, *Journ. of Physiol.*, t. 51, 1917, p. 283; voir aussi les figures 103-106 dans LIPSCHÜTZ, *Die Pubertätsdrüse u. ihre Wirkungen* (Berne, 1919).

étaient hypertrophiés; j'ai constaté aussi la présence de cornes épidermiques dont la position était anormale, vu l'absence d'un corps caverneux uréthral. J'ai considéré ce phénomène comme une transformation d'un clitoris en un organe péniforme sous l'influence des hormones testiculaires dans l'organisme féminin. Cette observation a été confirmée par Moore (1) qui constata une formation identique chez deux Cobayes femelles masculinisées. Sand (2) a observé une transformation péniforme du clitoris sous l'influence des hormones testiculaires chez cinq rats.

J'ai constaté une formation analogue au mois d'octobre 1923 chez une Cobaye femelle normale. Ensuite j'ai examiné la région génitale chez une quantité de femelles pendant dix mois : ici, à Dorpat, j'ai rencontré ce phénomène chez 10 femelles, ce qui représenterait un pourcentage considérable. Chez 41 Cobayes femelles que nous avons reçues de Riga, j'ai observé ce phénomène une seule fois. Extérieurement la région génitale rappelle beaucoup chez ces animaux (*fig.* 3) celle d'un mâle. Les pointes des cornes épidermiques sont visibles même quand le prépuce n'est pas retiré (*fig.* 4 A); les corps caverneux du clitoris et les cornes épidermiques deviennent bien visibles si l'on retire le prépuce (*fig.* 4 B). La longueur des corps caverneux ainsi que celle des cornes épidermiques variait beaucoup. La longueur maximale des cornes épidermiques était de 3 ou 4^{mm}. Les corps caverneux étaient en général couverts d'une sécrétion jaune préputiale comme on l'observe chez le mâle après la castration ou pendant une maladie quand le pénis reste constamment couvert par le prépuce.

Les organes génitaux internes, comme l'utérus et les ovaires, étaient microscopiquement normaux chez 6 animaux dont l'autopsie a été faite. Trois des animaux anormaux ont eu des petits dans le laboratoire. Une fois l'abnormité a été constatée chez une femelle née d'une mère aussi anormale, et d'un père qui était fils de la dernière. L'abnormité a été aussi observée chez une autre femelle née du père mentionné et d'une femelle normale.

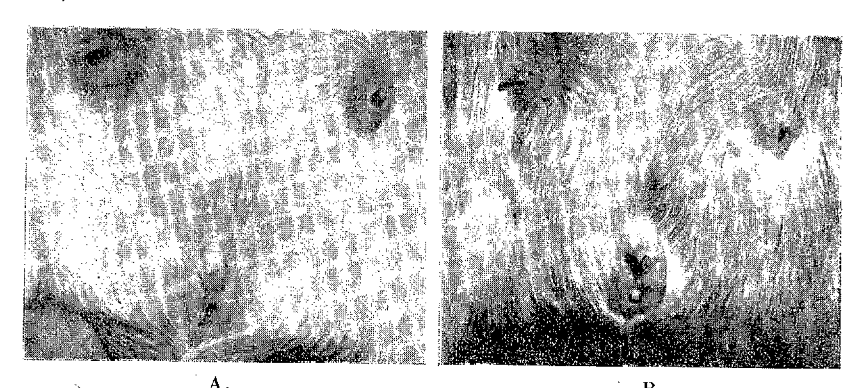
On pourrait donc supposer qu'il n'y avait pas, dans les observations antérieures de Lipschütz et Moore, de transformation de la région génitale dans un sens péniforme sous l'influence des hormones testiculaires, mais plutôt une malformation sexuelle indépendante de la greffe testiculaire.

---

(1) Moore, *Journ. of experim. Zool.*, t. 33, 1921, p 365. — Toutes les figures d'après des photographies de S. Vernjakov.

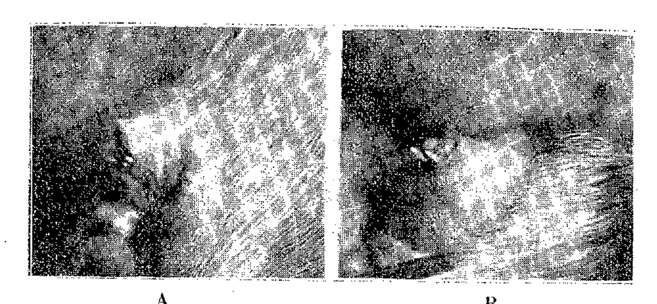
(2) Sand, *Experimentelle Studier over Konskarakterer hos Pattedyr* (Copenhague, 1918); voir page 91.

Mais cette objection n'est pas justifiée, vu que Moore n'a pu constater l'organe péniforme que chez deux femelles, chez lesquelles la greffe testiculaire a pris, tandis que l'organe péniforme était absent chez seize autres femelles, chez lesquelles les greffes testiculaires n'ont pas pris.



A. B.

Fig. 3. — Région génitale chez une femelle normale et chez une femelle anormale. Grandeur : 0,75 A, normale; B, abnorme.



A. B.

Fig. 4. — Région génitale d'une Cobaye femelle avec abnormité. Grandeur : 1,5. A. Vue extérieure. Organe péniforme couvert du prépuce. Pointes des cornes épidermiques visibles. B. Le prépuce est retiré. Partie distale des corps caverneux du clitoris hypertrophié et cornes épidermiques bien visibles.

Il s'agit de savoir si le phénomène doit être considéré comme une déviation des conditions normales, déviation somatique n'ayant aucune relation avec l'état hormonal, ou si les cornes épidermiques sont alors sous la dépendance des hormones de l'ovaire comme c'est le cas chez le mâle vis-à-vis des hormones testiculaires. Nous avons entrepris des expériences de castration chez des femelles anormales.

Conclusions. — Une malformation dans la région génitale a été observée chez plusieurs Cobayes femelles. Les corps caverneux du clitoris étaient élargis; des cornes épidermiques existaient comme chez le mâle, quoique

en général plus petites. Cette modification de la région génitale dans le sens masculin avec formation d'un organe péniforme était identique à celle que j'ai décrite chez une Cobaye femelle avec greffe testiculaire.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la pathogénie du rachitisme.* Note de MM. **Léon Blum**, **Maurice Delaville** et **van Caulaert**, présentée par M. Widal.

Dans nos recherches sur les modifications du plasma sanguin au cours des états pathologiques, nous avons constaté l'importance que présente l'état physico-chimique du calcium. Ce minéral peut exister dans le sang sous deux formes physiques :

1° à l'état de solution vraie;

2° à l'état de solution colloïdale.

Dans le sang normal 50 à 60 pour 100 du calcium se trouvent à l'état de solution vraie. Dans les états d'acidose quelle qu'en soit l'origine, cette proportion augmente considérablement au point que parfois la totalité du calcium se trouve en solution vraie. Nous avons pensé que la présence de gaz carbonique en excès dans le sang au cours de l'acidose était la cause de ce phénomène. Nous avons démontré l'exactitude de cette hypothèse en faisant passer *in vitro* un courant de gaz carbonique à travers un plasma normal et nous avons constaté une diminution sensible du calcium colloïdal.

L'explication que nous donnons des rapports entre l'acidose et l'état physico-chimique du calcium s'appuie sur les conceptions de Loeb, concernant l'état chimique des colloïdes. Nous admettons en effet que le calcium colloïdal n'est autre qu'un protéinate de calcium; on comprend alors qu'en raison du caractère amphotère des protéines un changement du milieu dans le sens de l'acidité ait pour effet de faire perdre à la protéine son rôle d'acide faible et de la rendre ainsi incapable de fixer du calcium.

Il nous a semblé que ces constatations étaient susceptibles de nous éclairer sur la pathogénie du rachitisme. Pour cela nous avons déterminé la réserve alcaline chez des enfants se trouvant dans la phase aiguë du rachitisme. Nous avons constaté un abaissement notable de celle-ci. Chez le nourrisson sain elle oscille entre 52 et 56, chez le rachitique elle est abaissée dans certains cas jusqu'à 39 et le chiffre le plus élevé que nous ayons trouvé fut de 46.

Il existe donc dans le rachitisme floride un état marqué d'acidose et nous croyons pouvoir attribuer à ce phénomène un rôle important dans les troubles de l'ossification. De même que l'acidose empêche la formation de calcium colloïdal dans le sang, de même elle s'oppose à la fixation du calcium par des protéines du tissu ostéoïde, fixation qui est un processus indispensable à l'ossification. L'acidose arrête ainsi l'ossification dès sa première étape.

Il est évident que cette action est sans aucun rapport direct avec les quantités de calcium et de phosphates dans le sang.

Nous en concluons que le trouble essentiel du rachitisme ne réside pas dans une altération du taux des minéraux, mais dans des modifications de leur état physico-chimique, qui sont elles-mêmes la conséquence d'une altération de l'équilibre acide-base. Cette altération modifie les colloïdes plasmatiques et tissulaires et les rend incapables de fixer le calcium.

Et ceci explique :

1° Qu'on ne puisse imputer le rachitisme à une carence calcique;

2° Qu'on n'ait jamais pu guérir ou améliorer le rachitisme par ingestion de sels de calcium;

3° Que la thérapeutique du rachitisme doive tendre à redonner aux supports colloïdes la faculté de fixer le calcium.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Réaction ionique du sang de quelques Invertébrés.* Note de M. **Marcel Duval**, présentée par M. Joubin.

La réaction ionique du sang des animaux supérieurs, particulièrement des Mammifères, a fait l'objet d'un très grand nombre de recherches. Par contre, celle du milieu intérieur des Invertébrés a été beaucoup moins étudiée et peu de résultats la concernant ont été publiés.

Ayant eu à notre disposition un certain nombre d'Invertébrés, principalement aquatiques, nous avons déterminé la réaction de leur milieu intérieur et nous l'avons comparée à celle du milieu qui les entourait, quand celui-ci était liquide.

Nos mesures ont été effectuées tantôt par voie colorimétrique, tantôt par voie électrométrique. Les deux méthodes nous ont toujours conduit à des résultats concordants.

La détermination du P_H se faisait immédiatement après la prise du sang, afin de réduire au minimum les échanges de gaz (CO^2 et O) entre le liquide à étudier et l'atmosphère. Ainsi le sang des Crustacés ne présentait

qu'une très faible teinte bleue qui ne troublait pas la mesure colorimétrique de la réaction.

Nous avons employé comme indicateur le rouge de crésol et le rouge de phénol, comme solutions étalons de P_H connus, les mélanges d'acide borique et de borate de sodium de Palitzch et de phosphates primaire et secondaire de Sørensen.

Les mesures électrométriques ont été faites avec l'électrode de Hasselbach.

Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus :

Invertébrés marins (¹).

	P_H du milieu intérieur.
Maia squinado	7,7 à 7,8
Platycarcinus pagurus	7,7
Carcinus moenas	7,7
Portunus puber	7,7
Sepia officinalis	7,7
Asteris rubens	7,3 à 7,4
Arenicola piscatorum	7,2 à 7,3

Invertébrés d'eau douce (²).

Astacus fluviatilis	7,7 à 7,8
Anodonta cygnea	7,8

Invertébrés aériens.

Helix pomatia	7,7 à 7,8

Il ressort de ce tableau que :

1° La réaction du sang des Crustacés et des Mollusques est plus alcaline que celle du sang des Mammifères. En effet le P_H du sang de ces Vertébrés est très voisin de 7,4. Nous constatons au contraire que la réaction du sang des Crustacés et Mollusques étudiés s'exprime par un P_H de 7,7.

2° La réaction du milieu intérieur des animaux marins est bien moins alcaline que celle de l'eau de mer qui les entoure. Alors que le P_H de l'eau de mer était de 8,15, nous n'avons jamais trouvé l'alcalinité du milieu intérieur supérieure à $P_H = 7,8$.

3° Les Échinodermes et les Vers ont un milieu intérieur moins alcalin que celui des Crustacés et Mollusques, presque neutre.

(¹) Le P_H de l'eau de mer était de 8,15.
(²) Le P_H de l'eau douce était de 7,7.

4° La réaction du sang des Crustacés et des Mollusques semble indépendante de la nature du milieu extérieur. L'Écrevisse, les Crustacés marins et l'Escargot ont même alcalinité sanguine ($P_H = 7,7$ à $7,8$).

Nous avons constaté que la réaction du sang de l'Escargot est la même chez l'animal en hibernation ou chez l'animal en activité. Ce fait a déjà été constaté par Damboviceanu [1].

Nous nous proposons de mesurer la réaction du sang chez d'autres Invertébrés.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Variations du pouvoir agglutinant des sérums, sous l'influence du courant continu.* Note de MM. **Cluzet**, **Rochaix** et **Kofman**, présentée par M. Desgrez.

Dans nos recherches, le sérum agglutinant, obtenu comme il est indiqué plus loin, est placé dans un tube de verre en forme d'Y renversé, dont les deux branches, ayant 8^{cm} de longueur, sont fermées, à leur extrémité inférieure, par un sac de collodion. Chacune des branches du tube plonge par son extrémité inférieure dans un récipient contenant de l'eau qui se renouvelle constamment. On fait passer dans le sérum le courant continu à 220 volts, au moyen de deux électrodes de platine plongeant dans les récipients à eau courante; un galvanomètre indique l'intensité, qui est en moyenne de 0,25 milliampère. Nous pouvons de cette manière faire passer, dans un liquide de bonne conductibilité comme le sérum et sous un potentiel élevé, une très faible quantité d'électricité; les phénomènes polaires d'électrolyse sont très réduits et les cristalloïdes du sérum passent par osmose, à travers le collodion, dans l'eau sans cesse renouvelée des récipients.

Dans ces conditions, on peut admettre qu'il existe, outre les phénomènes d'électrolyse et d'osmose, une cataphorèse des substances colloïdales du sérum, conditionnée par le signe électrique de celles-ci.

A la fin de l'expérience, dont la durée variait de 7 à 15 jours, des prélèvements du sérum étaient effectués au niveau de chaque pôle du tube en Y renversé, pour mesurer le pouvoir agglutinant vis-à-vis du bacille considéré. Nous avons expérimenté sur le sérum antiéberthien et sur le sérum antidysentérique (Flexner), espérant mettre mieux en évidence les actions élec-

(1) Damboviceanu, *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 261.

triques polaires en choisissant deux bacilles ayant des signes électriques opposés (le B. d'Eberth est électronégatif et le B. de Flexner est électropositif).

I. *Électrisation du sérum agglutinant antiéberthien.* — Deux lapins reçoivent successivement et à huit jours d'intervalle des injections de 1^{cm^3}, 2^{cm^3} (deux fois), 3^{cm^3} (deux fois) et 4^{cm^3} de bacille d'Eberth atténué par un vieillissement de 15 jours environ. Huit jours après la dernière injection, le taux d'agglutination du sérum vis-à-vis de l'Eberth est de 1 pour 5000 pour le lapin n° 1 et de 1 pour 1000 pour le lapin n° 2.

L'agglutination après électrisation du sérum a été obtenue aux taux ci-dessous :

	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.
Sérum témoin, agglutination complète à..............	1 p. 5000	1 p. 1000
Sérum prélevé au pôle négatif, agglutination complète à..	1 p. 5000	1 p. 200
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination complète à..	1 p. 20000	1 p. 2000
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination incomplète mais nette à..................................	1 p. 50000	1 p. 2000

Ainsi, le pouvoir agglutinant s'est montré beaucoup plus élevé dans l'échantillon du sérum prélevé au pôle positif que dans celui qui avait été prélevé au pôle négatif. Nous avons observé ce même fait, non seulement sur les deux lapins de l'expérience qui vient d'être rapportée, mais dans trois autres expériences réalisées antérieurement, avec des techniques un peu différentes.

II. *Électrisation du sérum agglutinant antidysentérique* (*Flexner*). — Deux lapins reçoivent successivement et à huit jours d'intervalle des injections de $1^{cm^3},5$, 2^{cm^3} (3 fois) et 3^{cm^3} (2 fois) de bacilles de Flexner, atténués par vieillissement. Huit jours après la dernière injection, les animaux sont saignés et le sérum est soumis à l'électrisation; l'agglutination du Flexner s'est faite aux taux ci-dessous :

	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.
Sérum témoin, agglutination complète à.......	–	1 p. 2000
Sérum prélevé au pôle négatif, à..............	1 p. 20000	1 p. 20000
Sérum prélevé au pôle positif, à..............	1 p. 2000	1 p. 200

Le bacille d'Eberth soumis à l'action des trois échantillons de sérum n'a été agglutiné à aucun taux : la spécificité a été conservée. Un mois après, le lapin n° 2 reçoit une nouvelle injection de bacille antidysentérique (3^{cm^3}) atténué par vieillissement; il est saigné au douzième jour et le sérum, après une électrisation de huit jours, donne l'agglutination complète aux taux suivants :

Sérum témoin	1 p.	2000
Sérum prélevé au pôle négatif	1 p.	100000
Sérum prélevé au pôle positif	1 p.	1000

Nous avons constaté en outre que le bacille d'Éberth et le bacille paratyphique B soumis à l'action des trois échantillons de sérum n'ont été agglutinés à aucun taux.

Les résultats de ces trois dernières expériences montrent que le pouvoir agglutinant, dont la spécificité vis-à-vis du Flexner a été conservée, a considérablement augmenté au pôle négatif et très notablement diminué au pôle positif.

III. *Conclusions.* — Les sérums agglutinants traversés par le courant continu peuvent donc avoir leur pouvoir d'agglutination considérablement augmenté à l'un des pôles et très diminué à l'autre pôle; l'augmentation se produit au pôle positif pour le sérum anti éberthien et au pôle négatif pour le sérum antidysentérique (Flexner). Le fait que l'exagération se produit tantôt au pôle positif et tantôt au pôle négatif permet d'écarter l'hypothèse d'une action électrolytique ou osmotique et tout se passe comme si l'agglutinine, ayant le même signe électrique que le bacille correspondant, subissait l'action cataphorétique du courant continu. Enfin, après électrisation et malgré ses modifications quantitatives, le pouvoir d'agglutination nous a paru conserver sa spécificité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles démonstrations de la présence normale de l'oxyde de carbone dans le sang.* Note (1) de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Desgrez.

Gréhant a signalé le premier, dès 1894, la présence dans le sang normal, de traces d'un gaz combustible; Desgrez et Nicloux en constatèrent l'augmentation au cours de l'anesthésie chloroformique, et furent conduits à admettre que cette augmentation était due à une production d'oxyde de carbone, ayant pour origine une décomposition partielle de l'anesthésique. L.-G. de Saint-Martin répétant ces expériences, identifia de petites quantités d'oxyde de carbone dans le sang normal. C'est alors qu'après lui, en me servant de la méthode très sensible de dosage de l'oxyde de carbone par

(1) Séance du 1er décembre 1924.

l'acide iodique que je venais d'imaginer, je dosai l'oxyde de carbone dans le sang des animaux placés dans des atmosphères variées : air des villes, de la campagne, de la mer, en même temps que je le caractérisai dans le sang des nouveau-nés et le trouvai dans le sang des poissons ([1]).

En opposition avec les travaux français que je viens de rapporter, il faut mentionner ceux de Buckmaster et Gardner, desquels il résulte que l'oxyde de carbone n'existerait pas dans le sang des animaux normaux aussi bien qu'anesthésiés([2]). J'ajoute enfin que Lewin ([3]), sans apporter de documents expérimentaux personnels dans le débat, adopte les conclusions des auteurs anglais et considère l'oxyde de carbone du sang normal comme le résultat d'une expérimentation défectueuse.

Placé en face de ces contradictions, il m'a semblé qu'il était inutile de discuter sur les données anciennes, aussi valables qu'elles fussent, puisqu'elles n'avaient pu forcer la conviction, mais qu'il y avait intérêt à apporter de nouvelles preuves, basées sur des expériences de principes et de techniques entièrement différents, et qui, par la simplicité et la spécificité des réactions mises en œuvre, devaient lever tous les doutes.

Voici, brièvement résumées, les trois séries d'expériences que j'ai instituées dans ce but et dont le détail paraîtra ultérieurement.

I. J'ai d'abord mis en jeu la propriété connue de l'hémoglobine oxycarbonée de résister à l'action du vide. Le sang est introduit dans un ballon où l'on a fait le vide au moyen de la pompe à mercure de Germann-Cardoso. Les gaz sont extraits en deux temps : d'abord à 40° sans l'addition d'aucun réactif, puis à 100° en présence d'acide phosphorique.

Les gaz provenant de 200^{cm^3} de sang sont réunis; l'acide carbonique est éliminé et le gaz restant divisé en deux parties : l'une est soumise à l'analyse eudiométrique dans mon micro-eudiomètre ([4]), l'autre, diluée dans 1^l d'air ordinaire, est examinée, et l'oxyde de carbone dosé, par la méthode dite « au sang ». Cette méthode consiste essentiellement à faire passer le gaz, débarrassé d'oxygène par l'hydrosulfite de soude alcalinisé, dans une solution très étendue d'hémoglobine réduite et à caractériser, au spectroscope, l'hémoglobine oxycarbonée éventuellement formée, par ses deux bandes

([1]) La bibliographie sera publiée dans un mémoire d'ensemble.

([2]) G. A. Buckmaster and J. A. Gardner, *On the supposed presence of Carbon Monoxide in Normal Blood and in the Blood of Animals anaesthetised with Chloroform* (*Proceedings of the Royal Society*, série B, t. 81, 1909, p. 515-528).

([3]) L. Lewin, *Die Kohlenoxydvergiftung*, 1 volume grand in-8°, 369 pages, 1920, J. Springer, Berlin.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 85, 1921, p. 118, et *Bull. Soc. Ch. biol.*, t. 3, 1921, p. 286.

d'absorption. L'appareil très simple employé dans cette opération est celui que j'ai fait connaître récemment (1).

On reconnaît : 1° que le gaz extrait à 40° ne renferme pas de gaz combustible; 2° que le gaz extrait à 100° en présence d'acide phosphorique renferme de l'oxyde de carbone. J'ajoute que l'analyse eudiométrique fournissant des résultats confirmés quantitativement par la méthode au sang, il s'ensuit que le gaz analysé dans le micro-eudiomètre est bien de l'oxyde de carbone. La quantité de ce gaz dans les différents sangs que j'ai examinés (bœuf, porc, cheval) oscille autour de $0^{cm^3},1$ pour 100^{cm^3} de sang, ce qui confirme les résultats des travaux antérieurs de L.-G. de Saint-Martin et de moi-même.

II. Dans une seconde série d'expériences, j'ai déplacé *in vitro* l'oxyde de carbone du sang par le bioxyde d'azote. A cet effet 200^{cm^3} de sang (bœuf ou cheval), réduits par une petite quantité d'hydrosulfite de soude légèrement alcalinisé par l'ammoniaque, sont saturés de bioxyde d'azote et mis au contact d'un excès de 300^{cm^3} de ce gaz On agite vivement pendant 4 à 6 heures. On se débarrasse aisément du sang; quant au bioxyde d'azote contenant l'oxyde de carbone libéré, on le détruit par des additions successives d'oxygène : il se forme des vapeurs nitreuses qui disparaissent au fur et à mesure de leur formation, les manipulations étant faites sur l'eau. Finalement, on ajoute de l'air au résidu gazeux, pour obtenir un volume de 1^l, et l'oxyde de carbone est recherché par la méthode au sang comme en I : l'apparition des deux bandes qui caractérisent l'hémoglobine oxycarbonée permet d'en affirmer la présence.

III. Enfin, dans une troisième série d'expériences, j'ai déplacé *in vivo* l'oxyde de carbone du sang par respiration d'oxygène pur. Ces expériences, dont le principe est irréprochable, puisque le sang de la circulation générale n'est l'objet d'aucune manipulation, sont d'une grande simplicité :

On fait respirer, à l'homme ou à l'animal (chien), de l'oxygène pur, et après quelques instants on recueille sur la cuve à eau, dans un grand flacon tubulé, le gaz expiré. Ce gaz renferme oxygène, acide carbonique, azote et, éventuellement, la petite quantité d'oxyde de carbone déplacé par l'oxygène. Je fais remarquer tout de suite que les deux premiers gaz pouvant être éliminés par l'hydrosulfite de soude alcalinisé par la potasse, l'oxyde de carbone se trouve pour ainsi dire concentré dans l'azote provenant à la fois de l'oxygène dont il constitue l'impureté et de l'air résiduel contenu dans le poumon. En opérant sur 5 litres de gaz expiré, on obtient 500^{cm^3} à 700^{cm^3} d'azote, dont 200^{cm^3} à 500^{cm^3} suffisent pour voir apparaître, en employant la méthode au sang, comme en I et II, les deux bandes caractéristiques de l'hémoglobine oxycarbonée.

En résumé, il ressort de l'examen de ces trois séries d'expériences qu'il existe dans le sang un gaz qui : *a*, se combine à l'hémoglobine et dont la

(1) *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. 33, 1923, p. 818. On y trouvera la bibliographie et le rappel des travaux d'Ogier et Kohn-Abrest, de Florentin et Vandenberghe.

combinaison résiste à l'action du vide; *b*, extrait au moyen de l'acide phosphorique, présente les caractères eudiométriques de l'oxyde de carbone; *c*, donne, au contact d'une solution d'hémoglobine étendue, les deux bandes d'absorption de l'hémoglobine oxycarbonée; *d*, est déplacé par le bioxyde d'azote *in vitro* en donnant à nouveau la réaction spectroscopique spécifique; *e*, est déplacé *in vivo* par l'oxygène pur en présentant également les caractères spectroscopiques de l'oxyde de carbone. Ce gaz est donc bien de l'oxyde de carbone et son existence dans le sang normal se trouve une fois de plus démontrée.

EMBRYOGÉNIE. — *Les glandes génitales et les cellules sexuelles primordiales chez l'Annélide* Salmacina Dysteri (*Huxley*). *La filiation des cellules sexuelles (gonocytes); leur origine dans le bourgeon caudal.* Note de M. **A. Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

La *Salmacina Dysteri*, de même que beaucoup d'Annélides, présente pendant une longue période un accroissement métamérique du corps dont le siège est dans le bourgeon générateur pygidial (encore appelé caudal ou préanal). Ce bourgeon renferme les ébauches qui engendrent les composants de chaque métamère nouveau, de sorte que l'ontogenèse s'y poursuit d'une manière quasi ininterrompue. On peut donc pratiquement, partant des glandes génitales différenciées et segmentaires et remontant de segment en segment, arriver jusqu'à leurs cellules sexuelles génératrices, situées dans le bourgeon pygidial.

Ébauche sexuelle caudale. — Le bourgeon caudal est constitué, comme on le sait, par des ébauches cellulaires pleines, et indifférenciées; bien qu'on puisse considérer ces dernières comme potentiellement déterminées, il est souvent difficile d'y reconnaître que telle cellule deviendra nerveuse, musculaire ou mésenchymateuse. Par contre, les cellules sexuelles ou gonocytes pygidiaux peuvent y être caractérisées : par leur emplacement défini, la structure et les dimensions de leur noyau, leur filiation continue avec les gonocytes extracœlomiques ([1]).

L'ébauche sexuelle est située dans le bourgeon pygidial, ventralement par rapport à l'intestin préanal, à l'endroit où ce dernier se recourbant

([1]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1348.

légèrement vient tout de suite se terminer à l'anus dorsal; elle est si étroitement appliquée contre l'épithélium intestinal qu'aucune limite précise ne l'en sépare. Les gonocytes qui la constituent s'étendent de part et d'autre du plan médian en une rangée, sensiblement transversale, dont les deux extrémités latérales viennent se placer contre deux massifs cellulaires droit et gauche. Ceux-ci représentent les ébauches des somites cœlomiques, dont une paire entrera, comme on le sait, dans la composition d'un métamère; les cellules des somites s'orientent ensuite périphériquement en épithélium, autour d'une cavité d'abord très réduite. Les gonocytes les plus latéraux de l'ébauche pygidiale viennent s'appliquer contre leur paroi extérieure et ventro-latérale; ils sont extracœlomiques dès l'origine et morphologiquement ils occupent le blastocœle. Leur noyau a un diamètre de 5^{μ} en moyenne, toujours plus grand que celui des cellules voisines de l'épithélium cœlomique; le rapport entre leurs diamètres respectifs varie de 2 à 1 ou de 5 à 3. Les noyaux des cellules sexuelles présentent des filaments chromosomiques, ou grêles, ou plus épais, s'irradiant d'une sphère chromatique dans un nucléoplasme très clair, cet aspect est le plus fréquent; parfois il existe deux masses chromatiques avec irradiations chromosomiques; parfois enfin on observe d'autres phases de l'activité mitosique. La multiplication des gonocytes pygidiaux est en rapport avec l'intensité même de la croissance métamérique de l'Annélide; le nombre des gonocytes de l'ébauche varie de 12 à 16, ce dernier chiffre pouvant être dépassé.

Filiation des gonocytes. — Les somites les plus proches, situés en avant du bourgeon caudal et nouvellement produits sont disposés régulièrement par paires les uns derrière les autres; chacun de ces petits sacs cœlomiques, dont l'épithélium revêtant accuse de plus en plus la forme endothéliale, est accompagnée de trois, quatre ou cinq gonocytes, contigus à leur paroi; ce sont les gonocytes extracœlomiques décrits précédemment. Quand les segments postérieurs sont très courts, ce qui arrive lors d'une période de croissance rapide de l'Annélide, les gonocytes accompagnant les somites cœlomiques forment deux rangées longitudinales se reliant presque sans interruption aux gonocytes de l'ébauche pygidiale; la filiation de la lignée des cellules sexuelles est, dans ce cas, tout à fait manifeste. Les deux formations cœlomique et sexuelle sont distinctes et indépendantes à l'origine; puis elles deviennent contiguës et solidaires, tout en conservant leur indépendance, dès qu'elles appartiennent à un même métamère; plus en avant, les dimensions des segments et de leur cavité cœlomique augmentant, les deux files ventrales des gonocytes extracœlomiques sont discontinues.

Aussitôt que les gonocytes ont pris place contre les somites cœlomiques et qu'ils s'éloignent de l'ébauche pygidiale, leur noyau change de structure pour se rapprocher de plus en plus de l'état quiescent. Les gonocytes ne se multiplient pas, en effet, depuis le moment où ils sont déposés dans le métamère de nouvelle formation jusqu'à l'époque où l'activité sexuelle se traduira par l'accroissement des ébauches génitales dans le cœlome. Pendant cette période d'inactivité, le noyau des gonocytes présente les caractères déjà indiqués : sphère régulière de 5^{μ} de diamètre à grains chromosomiques compacts au nombre de 14-16 disposés périphériquement, à nucléoplasme très clair, le centre paraissant optiquement vide.

Migration active ou transport passif des gonocytes. — Les gonocytes gagnent-ils l'emplacement qu'ils occuperont dans l'ébauche génitale de chaque métamère par leur mouvement propre ou par un transport passif? Une question semblable a été posée chez les Vertébrés où l'on connaît l'existence des gonocytes (Nussbaum, Wheeler, Henneguy, Allen, Dustin, Rubaschkin, Firket, etc.); l'arrivée des gonocytes dans l'ébauche sexuelle y est envisagée de deux manières : 1° soit par un mouvement actif, amiboïde, qui permet aux gonocytes de gagner leur emplacement dans l'épithélium germinatif; 2° soit par un transport passif résultant de l'accroissement de l'ensemble des tissus. Dans ce cas, selon une image de Firket, le déplacement des gonocytes serait comparable à celui de ces jalons que les géologues plantent dans les glaciers pour étudier le mouvement de ces derniers. La description qui a été donnée ci-dessus répond, pour ce qui concerne l'Annélide *Salmacina Dysteri*, à la question posée. Les gonocytes ne progressent pas davantage vers la région antérieure du corps par un mouvement amiboïde, ou autre, que les somites cœlomiques n'y parviennent eux-mêmes par un mouvement qui leur soit propre. Un métamère s'ébauche aux dépens et en avant du bourgeon pygidial, puis un second, un troisième et ainsi de suite. Chaque métamère nouveau avec ses composants, ganglions nerveux, muscles, somites, ébauches génitales, etc. est peu à peu séparé de l'extrémité postérieure par un nombre de plus en plus élevé de segments. Il n'y a pas cheminement des gonocytes vers l'avant à la suite d'une migration active. Les gonocytes sont solidaires des somites cœlomiques qu'ils accompagnent, en même temps qu'ils le sont de tout l'ensemble du métamère ; ils sont transportés passivement et, pour reprendre l'image citée plus haut, ils cheminent à la manière des jalons d'un glacier.

En résumé : 1° le bourgeon caudal de *Salmacina Dysteri* renferme une

ébauche sexuelle constituée par les gonocytes pygidiaux, qui s'y multiplient; 2° ceux-ci sont répartis, en même temps que les somites cœlomiques, dans chaque métamère nouveau; les gonocytes extracœlomiques sont entraînés loin de leur lieu d'origine non par leur migration active mais par un transport passif; 3° la lignée des cellules sexuelles, ou gonocytes, possède une autonomie et une origine propre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La lumière et les relations symbiotiques chez la* Convoluta roscoffensis. Note de M[lle] **Goldsmith**, présentée par M. Joubin.

Les relations symbiotiques entre les *Convoluta roscoffensis* et les zoochlorelles qu'elles contiennent ont été étudiées par Gamble et Keeble, Haberlandt, Geddes au point de vue des échanges nutritifs, mais la part qui revient aux deux membres de l'association dans le comportement de l'animal n'a pas été envisagée juqu'à présent. Pour aborder cette question, il faut comparer les réactions des *Convoluta* normales et adultes, d'une part avec des *C.* jeunes, encore incolores, d'autre part avec des *C.* rendues incolores expérimentalement. Les expériences exposées ici ont trait uniquement à une catégorie de réactions : celles provoquées par la lumière, blanche et monochromatique.

Convoluta adultes et normales. — Les *C.* sont, dans les conditions normales, douées d'un phototropisme positif très accentué, qui a été constaté par les premiers observateurs qui se sont occupés de ces animaux. L'action de la lumière colorée a été moins étudiée. Les expériences exposées ici ont montré que les rayons de différentes longueurs d'onde exercent une action spécifique, indépendante du degré de leur luminosité.

Le dispositif suivant a été employé :

Les animaux se trouvaient dans un aquarium rectangulaire entouré de papier noir de tous les côtés sauf un, tourné vers la fenêtre et devant lequel étaient placés deux par deux des écrans monochromatiques (Wratten filters) : rouge, bleu, vert et jaune. La transparence des écrans et la puissance de rayonnement de la lumière dans les conditions de l'expérience ont été mesurées et prises en considération.

Placées dans ce bassin, les *Convoluta* se déplacent rapidement et d'une façon très nette en rapport avec la couleur de la lumière; par ordre d'attraction exercée, les couleurs se classent ainsi : vert, bleu, rouge; l'action du jaune est à peu près semblable à celle du vert. Or les degrés de luminosité

des écrans employés suivent exactement l'ordre contraire; il s'agit donc bien là d'une action spécifique de la couleur.

La lumière verte étant, d'après les recherches récentes, celle qui assure au point de vue de l'assimilation chlorophyllienne le meilleur *rendement* (sinon la plus grande *vitesse* de la réaction), la question se posait s'il ne s'agit pas là, pour les *Convoluta*, d'un comportement adaptatif, ayant pour effet d'assurer aux zoochlorelles les meilleures conditions d'assimilation. Une première expérience donne à cet égard une indication.

Dans le même aquarium, les *C.* ont à choisir entre deux écrans d'une même nuance de vert : l'écran monochromatique Wratten et un écran constitué par une solution de chlorophylle, par conséquent absorbant tous les rayons utiles à l'assimilation chlorophyllienne. Les *C.* ne manifestent dans ces conditions aucune « préférence ».

Il ne s'agit donc pas, dans tous les cas, d'une sensation immédiate qui porterait les animaux vers la région la plus favorable aux symbiotes.

Convoluta jeunes. — Aussitôt éclos, les jeunes manifestent un phototropisme positif aussi, sinon plus, accentué que les adultes. Si, pendant qu'ils sont encore incolores, on les place devant des écrans monochromatiques, dans les mêmes conditions expérimentales que les adultes, la plus grande attraction est, de même, exercée par le vert et la plus faible par le rouge; la différence entre le bleu et le vert est peut-être moins nette que chez les adultes.

Convoluta adultes décolorées. — On peut obtenir des *C.* décolorées de deux façons : en acidifiant le milieu ou en laissant les animaux vivre pendant des semaines dans de certaines conditions défavorables (eau insuffisamment aérée). Le premier procédé donne des individus trop lésés et ne présentant aucune des réactions normales; le second reste donc le seul à utiliser. La décoloration des animaux est graduelle, leur couleur devient de plus en plus jaunâtre et l'on obtient enfin des individus absolument jaunes, avec des taches de pigment rouge.

Les animaux jaunissant (y compris un stade où leur contenu en chlorophylle devient tout à fait faible) présentent des réactions analogues à celles des *C.* normales (phototropisme positif et attraction par le vert), mais beaucoup moins accusées, les mouvements devenant, d'une façon générale, moins précis et moins identiques chez tous les individus (peut-être en partie par disparition de l'agglutination entre eux). Mais, lorsque les *C.* sont devenues entièrement jaunes, leurs réactions changent; elles recher-

chent les coins les plus obscurs du bassin et, placées devant les écrans monochromatiques, vont au rouge, de préférence au bleu et au vert. Ce fait, pris isolément, parlerait en faveur du rôle de la chlorophylle dans ce comportement, mais en raison de ce que l'on observe chez les animaux jaunissant et chez les jeunes, on est obligé de renoncer à cette idée.

Conclusion. — Le comportement des *Convoluta* en présence de la lumière ne semble pas dépendre de la présence des zoochlorelles; le renversement des tropismes observé chez les individus absolument décolorés s'explique plutôt par leur état physiologique anormal.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les coccus mammaires.* Note de M. **Constantin Gorini**, présentée par M. Roux.

L'existence habituelle dans la mamelle des vaches de coccus acido-protéolytiques que j'ai démontrée en 1901, est désormais admise.

On a reconnu que les coccus résident en permanence dans le parenchyme même des glandes mammaires, de sorte qu'ils peuvent être considérés comme un élément intégrant du lait et qu'il faut renoncer à obtenir du lait absolument amicrobien malgré toutes les précautions de la traite aseptique, y compris le rejet des premières portions du lait qui éliminent seulement les germes des trayons et des voies lactifères inférieures.

Certains points concernant la classification et l'importance laitière de ces coccus méritent d'être éclaircis; c'est pourquoi je crois utile de résumer ici le résultat des recherches que j'ai poursuivies depuis vingt-trois ans sur le sujet.

Classification. — Mes observations portent sur plus de cinquante souches de coccus isolées par moi et sur dix souches envoyées gracieusement par des collègues (Barri, Evans, Harding, Hart, Rogers). Toutes les cultures ont été repiquées deux fois par mois dans du lait sûrement stérilisé par tyndalisation. Le lait autoclavé ne se prête pas à la mise en évidence des facultés protéolytiques des bactéries. Toutes mes observations confirment ce que j'ai démontré en 1902, à savoir que les coccus mammaires peuvent être divisés en plusieurs types ou sous-types intermédiaires qui offrent une grande variété de caractères. Les types prédominants digèrent la gélatine et la caséine; mais dans une souche, bien plus dans une même colonie, on rencontre des individus qui liquéfient seulement la gélatine ou bien seulement la caséine,

qui liquéfient la gélatine lentement ou bien rapidement, avant même de former des colonies visibles, qui caillent le lait rapidement ou bien tardivement et même seulement à l'ébullition, qui peptonisent le lait lentement ou bien précocement même sans coagulation préalable, qui redissolvent le caillot horizontalement ou bien latéralement, qui sont incolores ou bien chromogènes, blancs ou jaunes. Les cellules se colorent par la méthode de Gram; elles sont ovoïdes ou oblongues de $0^{\mu},5$ à $1^{\mu},3$, isolées ou différemment groupées. C'est pourquoi les coccus mammaires sont décrits et nommés différemment selon les auteurs (*M. lactis varians*, *M. lactis albidus*, *M. lactis aureus*, *Staph. aureus*, *Strept. liquefaciens*, *Bact. Guntheri liquefaciens*, etc.) et sont identifiées parfois avec les coccus de l'air et parfois avec des races affaiblies des coccus pyogènes. Mieux vaut donc les appeler en bloc : coccus mammaires. En tout cas ils ne doivent pas être confondus avec les germes de l'air, car ceux-ci sont strictement aérobies et presque inactifs sur le lait, tandis que les coccus mammaires sont anaérobies facultatifs et actifs sur le lait, de sorte qu'on peut les considérer comme des ferments typiques du lait trait aseptiquement, c'est-à-dire des laits dits sanitaires, pauvres en germes.

Ces coccus viennent-ils de l'extérieur en passant par les canaux des trayons, ou proviennent-ils de l'extérieur de l'organisme? A l'appui de leur origine interne on peut invoquer la différence entre eux et les germes de l'air, et aussi la constatation que j'ai faite dernièrement de l'identité de l'enterococcus avec les coccus mammaires tant par les caractères morphologiques que pour la fonction caséolytique. Basset et Carré nous ont appris, d'autre part, que les cocci passent facilement à travers la paroi intestinale.

Importance laitière. — La découverte des coccus mammaires acido-protéolytiques confirme ma théorie acido-protéolytique de la maturation du fromage (1894); en effet, ces germes se retrouvent dans les fromages où leurs enzymes poursuivent leur action même après la mort des cellules. La galactase et l'enzyme caséolytique dits naturels du lait et qui ont un rôle dans la digestion du lait et la maturation des fromages sont aussi des produits eudomammaires de ces coccus.

Les coccus sont normalement utiles pour la laiterie, ils peuvent cependant devenir nuisibles dans des conditions anormales. Si l'on admet que ces coccus sont des races affaiblies de coccus pyogènes, il n'est pas étonnant qu'ils puissent provoquer l'apparition soudaine de mammites dans le cas d'une diminution de la résistance de l'organisme causée par des troubles digestifs, des fatigues, l'excès de chaleur ou de refroidissement, etc., mais

ici nous entrons dans le domaine de la pathologie avec altération profonde de la sécrétion lactée. L'originalité de mes recherches consiste dans la démonstration que les coccus mammaires peuvent devenir nuisibles sans que l'on remarque aucune altération inflammatoire de la mamelle, à la suite de la stagnation du lait causée par une traite imparfaite ou maladroite. Par traite imparfaite, j'entends celle par laquelle le lait n'est pas complètement extrait. Par traite maladroite, j'entends celle dans laquelle le lait est retenu par la vache à cause de mauvaises manipulations effectuées par les trayeurs.

Les stagnations ordinairement transitoires et inaperçues influencent néanmoins la multiplication et l'activité des coccus mammaires, de sorte que le lait, tout en paraissant normal par ses propriétés organoleptiques et aussi au contrôle chronique ordinaire, est cependant altéré dans ses aptitudes à fermenter. Il est prédisposé à la coagulation prématurée et à la dissolution précoce, il est modifié dans sa façon de réagir vis-à-vis de la présure.

La cause occulte de plusieurs des inconvénients observés dans la consommation du lait, dans la fromagerie et dans la préparation des laits conservés stérilisés ou concentrés ne peut être décelée qu'en soumettant le lait, trait aseptiquement, à l'action de la présure et au contrôle micrographique et zymoscopique.

MICROBIOLOGIE. — *Virus vaccinal dans la cornée du lapin.* Note de M. A. **Borrel** et M^lle **Muller**, présentée par M. Roux.

La cornée du lapin est un lieu de choix pour l'étude de la vaccine. Je désire indiquer un procédé technique qni m'a donné les meilleurs résultats et qui pourra certainement être appliqué à l'étude d'autres virus encore inconnus.

La méthode d'Ewing (préparations par application de la lame porte-objet sur la cornée) était déjà un progrès. J'ai utilisé une modification de ce procédé. L'œil du lapin inoculé depuis 24 heures, 48 heures ou 3 jours, est extirpé et gardé en atmosphère humide avec un peu d'éther pendant 6 heures, 12 heures, 24 heures ou 48 heures à une température de 25° à 30°.

Sur le vivant ou au moment de l'extirpation, l'application par la méthode d'Ewing, de la lame sur la cornée, ne donne que des préparations avec des

cellules isolées dans une grosse goutte de sérosité. Ces cellules isolées montrent les corpuscules de Guarnieri caractéristiques de la vaccine, mais la préparation n'a aucune orientation et elle est très fragmentaire.

Au bout de 6 heures de conservation en atmosphère humide, si l'on applique sur la surface de la cornée une lame portée à une température de 40° à 45°, on obtient, avec un peu d'habitude, une couche complète de l'épithélium cornéen qui montre (comme ne peut le faire une coupe et beaucoup mieux qu'une coupe) les cellules en place et les points exacts où l'inoculation a été faite, 24 heures ou 48 heures ou 3 jours auparavant. On assiste à l'extension du processus vaccinal d'heure en heure : les pustules avec leur zone d'envahissement sont parfaitement délimitées.

Par la coloration au May-Grunwald-Giemsa, on a de fort belles préparations qui montrent les corps caractéristiques de Guarnieri en abondance. Déjà, après 24 heures chez le lapin jeune, il y a des cellules qui en contiennent 20, 30 et de toutes dimensions; dans les zones d'extension récentes, ils sont très nombreux et très petits; certains à la limite de la visibilité; un petit point central entouré d'une auréole irrégulière réticulée, amœbiforme. Plus tard il se produit un processus de coalescence et un gros corps de Guarnieri se trouve à côté de l'un des pôles du noyau, donnant l'apparence bien connue et décrite souvent. Je ne veux pas insister ici sur la véritable origine des corpuscules de Guarnieri qui me paraît complexe.

Notre méthode les montre à tous les stades et par centaines.

Le but de cette note est surtout d'appeler l'attention sur des éléments qui n'ont jamais été décrits dans la vaccine et qui me paraissent mériter la plus grande attention par leur identité morphologique avec le microbe du *Molluscum contagiosum* décrit il y a déjà longtemps par nous-mêmes en employant, pour le mettre en évidence, la *méthode de la surcoloration* (mordançage au tannate de fer et de Ziehl). La surcoloration est facilement applicable avec la technique que je viens de décrire : application de la lame tiède sur la cornée vaccinale, il suffit de faire une série de préparations successives jusqu'à épuisement.

On obtient de véritables décalcomanies conservant tous les rapports de cellules : les points d'inoculation et les centres de pustules sont marqués par un vide dans la couche contenant l'épithélium, épaissi au niveau de la pustule. Ce résultat heureux est dû certainement à une sorte de digestion des ciments intercellulaires qui permet l'adhérence facile et en place des couches

de l'épithélium sur la lame. Après 5, 10, 20 applications la préparation ne contient que peu ou pas de sérosité, la coloration par mordançage est possible.

Sur les préparations bien réussies, on constate *exactement* au niveau de la région où se trouvent les cellules vaccinales en évolution, des éléments très brillants, parfaitement définis en nombre *immense*, isolés, géminés en chaînettes, ils paraissent, avec la surcoloration, avoir $\frac{1}{4}$ μ de diamètre; lorsqu'ils sont en masses confluentes, ils ne sont plus définissables : l'aspect est superposable à l'aspect des éléments du molluscum. Je crois pouvoir affirmer l'homologie parfaite des deux sortes d'éléments. Par la coloration intense au giemsa, un œil exercé peut entrevoir les corpuscules en question légèrement bleutés, à la limite de la visibilité $0^{\mu},1$.

Dans la vaccine et le molluscum qui sont des épithélioses, les virus incriminés seraient donc très voisins.

La méthode de la conservation en atmosphère humide de l'œil extirpé (œil inoculé depuis 24 heures, depuis 48 heures, à une époque où les leucocytes n'ont pas encore fait leur apparition) favorise peut-être la multiplication du microbe *in vitro*, sur l'œil encore vivant. Elle permet dans tous les cas d'avoir, pour l'ensemencement, du virus vaccinal de 24 et 48 heures, prélevé avant toute réaction humorale de l'organisme, et nous pensons que cette condition est particulièrement favorable dans le cas de la vaccine ou de virus homologues, en vue de la culture.

La séance est levée à $15^{h}25^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 17 novembre 1924.)

Note de M. *H. Deslandres*, Propriété commune à des spectres très divers :

Page 1007, ligne 3, *au lieu de* Plus tard en 1923, *lire* Plus tard en 1924; ligne 18, *au lieu de* La note de 1923, *lire* La note de 1924.

(Séance du 22 décembre 1924.)

Page 1496, ligne 12, *au lieu de* Edgar Haudié, *lire* Edgard Haudié.
Page 1514, ligne 6, *au lieu de* Jules Botreau-Roussel, *lire* Paul Botreau-Roussel.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-DIX-NEUVIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1924.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 179.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

M

N

O

P

Q

R

T

U

V

X

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
75180-25 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.